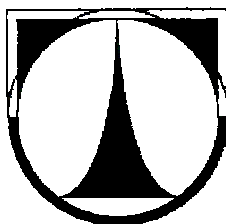


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra energetických zařízení



Brázda Vít

**Efektivita fototermálních solárních systémů v klimatických
podmínkách České republiky**

**(Efficiency in solar photothermal systems under climatic conditions of the
Czech Republic)**

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Jiří Unger, CSc.

Konzultant diplomové práce Ing. Dalibor Skácel

Rozsah diplomové práce:

Počet stran: 83

Počet obrázků: 52

Počet tabulek: 33

Počet grafů: 45

Počet příloh: 1

Liberec 2007

ANOTACE:**Efektivita fototermálních solárních systémů v klimatických podmínkách České republiky**

Diplomová práce se zabývá využitím solárních systémů na území České republiky. Hlavním cílem je dokázat ekonomickou a energetickou využitelnost a rentabilitu obnovitelných zdrojů závislých na slunečním záření, především solárních kolektorů a fotovoltaických modulů.

Důraz je kladen na vyhodnocení meteorologických měření, obzvláště na podmínky slunečního záření na našem území. Laboratorní výsledky měření byly porovnány s celorepublikovým měřením v rámci AIM zaštitěném ČHMÚ. Výsledkem datových podkladů měření GLRD je vytvoření tzv. „Solární mapy“ v GISovém programu, která udává teoreticky možný energetický zisk pro použití solárních kolektorů, popř. fotovoltaických modulů.

Klíčová slova:

Kolektor, globální sluneční ozařování, GIS, Solární mapa

ANNOTATION**Efficiency in solar photothermal systems under climatic conditions of the Czech Republic**

Dissertation deals with application of solar systems in the area of the Czech Republic. The main goal of the work is to prove economic and energy serviceability and efficiency of the recoverable resources reliant on the solar radiation (insolation), primarily solar collectors and photovoltaic modules. The accent is put on evaluation of meteorological measurements particularly on conditions of insolation in our territory. Laboratory results of measurements have been compared to nationwide measurement under the terms of AIM sponsored by ČHMÚ. The result of groundwork GLDR measuring data is a „Solar Map“, made in GIS program, which quotes theoretically possible power return in using of solar collectors or photovoltaic modules.

Key words:

collector, global solar insolation, GIS, solar map

Zadání:

**Efektivita fototermálních solárních systémů v klimatických
podmínkách České republiky**

1. Rozbor problematiky využití sluneční energie pro generování tepelné energie
2. Rešerše na téma klimatické podmínky pro uplatnění solárních tepelných systémů
3. Experimentální měření meteorologických dat pro solární energetiku v solární laboratoři
Katedry energetických zařízení
4. Vyhodnocení experimentálního měření a shromáždění dostupných dat z dalších lokalit ČR
5. Zhodnocení slunečních podmínek v našem regionu.

MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci dne 3.1. 2007

.....
Vít Brázda

Prohlášení:

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum:

.....
Brázda Vít

Declaration:

I have been notified of the fact that Copyright Act No. 121/2000 Coll. applies to my thesis in full, in particular Section 60, School Work.

I am fully aware that the Technical University of Liberec is not interfering in my copyright by using my thesis for internal purposes of TUL.

If I use my thesis or grant a licence for its use, I am aware of the fact that I must inform TUL of this fact; in this case TUL has the right to seek that I pay the expenses invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled the thesis on my own with the use of the acknowledged sources and on the basis of consultation with the head of the thesis and consultant.

Date:

.....
Brázda Vít

Poděkování:

Rád bych na tomto místě poděkoval Doc.Ing. Jiřímu Ungerovi, CSc. za odborné vedení při zpracování diplomové práce a Ing. Daliboru Skácelovi za poskytnuté konzultace.

Dále děkuji především panu Mgr. Jiřímu Šmídovi, který mi velice pomohl při tvorbě map a vyšel mi maximálně vstříc. Dále mé poděkování patří panu Bohumilu Odstrčilovi, který mi pomohl s kontrolním měřením a panu Ing. Miroslavu Bittnerovi, který mi zdarma poskytl kontrolní data GLRD pro rok 2006.

Tímto bych také velice rád poděkoval svým rodičům, kteří mi umožnili studium a po celou dobu jeho trvání mě trpělivě podporovali.

Seznam zkratek a symbolů.....	9
Úvod.....	11
1. Rozbor problematiky využití sluneční energie pro generování tepelné energie.....	13
1.1. Slunce.....	13
1.2. Fyzika slunečního záření.....	14
1.3. Typy přeměn energie dopadajícího slunečního záření v jiné energie.....	16
1.3.1. V teplo.....	16
1.3.2. Přeměna sluneční energie v chemickou energii = fotosyntéza.....	19
1.3.3. Výroba elektrické energie: a) Fotovoltaika.....	20
b) Solární elektrárny.....	22
1.3.4. V mechanickou energii.....	23
2. Rešerše na téma klimatické podmínky pro uplatnění solárních tepelných systémů.....	25
2.1. Zeměpisná šířka.....	25
2.2. Nadmořská výška.....	27
2.3. Znečištění atmosféry	27
2.4. Doba slunečního svitu.....	29
2.5. Využití klimatických údajů pro navrhování solárních systémů.....	31
3. Experimentální měření meteorologických dat pro solární energetiku v solární laboratoři Katedry energetických zařízení.....	35
3.1. Měření meteorologických dat – měřidla.....	36
3.2. Shromážděná data.....	38
3.2.1. Měření rychlosti větru.....	39
3.2.2. Měření směru větru.....	40
3.2.3. Měření atmosférického tlaku	41
3.2.4. Měření relativní vlhkosti vzduchu.....	42
3.2.5. Měření venkovní teploty.....	43
3.2.6. Měření slunečního záření.....	44
3.3. Ověření důvěryhodnosti dat.....	50

3.3.1. Ověření dat pomocí přístrojů TUL.....	50
3.3.2. Ověření důvěryhodnosti dat pro GLRD v 0° pomocí měření z AIM	54
3.3.3. Porovnání směru větru pomocí dat z ČHMÚ a z AIM.....	55
4. Vyhodnocení experimentálního měření a shromáždění dostupných dat z dalších lokalit ČR.....	58
4.1. Shromážděná data.....	58
4.2. Tvorba map	59
4.3. Mapa globálního slunečního ozařování vytvořená z měření AIM.....	61
5. Zhodnocení slunečních podmínek v našem regionu.....	64
5.1. V rámci ČR.....	64
5.2. V Libereckém kraji.....	64
5.3. Výhledy termálních kolektorů a fotovoltaických modulů v blízké době v rámci ČR:.....	64
5.3.1. Státní dotace pro solární energetiku.....	66
5.4. Vhodnost využití fotovoltaiky.....	67
5.4.1. Ekologická efektivita FVF TUL.....	69
5.4.2. Ekonomická efektivita FVF TUL	69
5.5. Vhodnost využití solárních termálních kolektorů.....	72
5.5.1. Možnosti využití solárního tepla	72
5.5.2. Prostý ohřev pitné vody.....	74
5.5.3. Ohřev pitné vody a vytápění.....	76
6. Závěr.....	81
Seznam použité literatury.....	82
Příloha.....	84

Seznam zkratk a symbolů

Značka	Význam	Jednotka
Ac/dc	alterting current/direct current	[A]
AIM	Automatický imisní monitoring	[-]
CIS	Fotoaktivní polovodič	[-]
Cu	Cuprum (měď)	[-]
ČEZ	České energetické závody	[-]
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav	[-]
ČR	Česká republika	[-]
EKIS	Energetické konzultační a informační středisko	[-]
ESRA	European solar radiation atlas	[-]
EU	Evropská unie	[-]
FV	Fotovoltaika	[-]
FVF	Fotovoltaická fasáda	[-]
GIS	Skupina programů podporující převod dat do kartografické podoby (Zde použity ArcView a ArcGIS Geostatistical Analyst)	[-]
GLRD	Global radiation (Zde jako celkové sluneční záření)	[-]
ISS	International space station	[-]
KEZ	Katedra energetických zařízení	[-]
m.n.m.	Metrů nad mořem	[-]
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu	[-]
MVE	Malé vodní elektrárny	[-]
PE	Polyethylen	[-]
TUL	Technická univerzita v Liberci	[-]
TUV	Teplá užitková voda	[-]
VVE	Velké vodní elektrárny	[-]

τ	Poměrná doba slunečního svitu	[-]
$\tau_{skutečnu}$	Skutečná doba slunečního svitu	[hod]
$\tau_{teoretická}$	Teoretická doba slunečního svitu	[hod]
$E_{skutečnu}$	Energie skutečná dopadající na osluněnou plochu	[kWh/m ²]
$E_{skutečnu-teoretická}$	Energie skutečná-teoretická dopadající na osluněnou plochu	[kWh/m ²]
$E_{difuzní}$	Difúzní energie dopadající na osluněnou plochu	[kWh/m ²]
c_w	Měrná tepelná kapacita vody	[J/kg.K]
f	Stupeň krytí spotřeby energie	[-]
I_0	Sluneční konstanta	[kWh/m ²]
$I_{\text{č}}$	Intenzita záření na plochu kolmou ke slunečním paprskům při dokonale čistém ovzduší	[kWh/m ²]
I_n	Intenzita záření na plochu kolmou ke slunečním paprskům	[kWh/m ²]

	při daném znečištění ovzduší	
k	Vliv konstrukce kolektoru	[W/m ² .K]
k ₁	Konstanta vyjadřující tepelné ztráty kolektoru	[W/ m ² K ¹]
k ₂	Konstanta vyjadřující zakřivení závislosti = f _(x) (souvisí s tepelnými ztrátami)	[W/m ² K ²]
m	Hmotnost	[kg]
O _{spotř}	Spotřeba energie za stejné období	[kWh]
P	Atmosférický tlak	[hPa]
P _a	Tepelný výkon vyvinutý na absorbéru	[W/m ²]
P _c	Tepelný výkon výsledný – užitečné teplo	[W/m ²]
P _z	Tepelný výkon ztrátový	[W/m ²]
Q	Teplo	[W/m ²]
Q _{kol}	Měrná energie zachycená kolektory za období jednoho roku	[kWh/m ²]
S _{kol}	Plocha kolektorů	[m ²]
T	Teplota vzduchu	[°C]
t _a	Teplota absorbéru	[K]
T _{max}	Maximální teplota vzduchu	[°C]
T _{min}	Minimální teplota vzduchu	[°C]
t _o	Teplota okolí	[K]
v	Rychlost větru	[m/s]
x	Redukovaná teplota	[m ² K/ W]
Z	Součinitel znečištění(zakalení) atmosféry	[-]
α	Součinitel absorpce absorbéru	[-]
Δt	Rozdíl teplot	[°C]
η	Účinnost kolektoru (2.5.)	[-]
η	Účinnost konverze energie slunečního záření (5.4.)	[-]
η ₀	Optický stupeň účinnosti	[-]
η _c	Celková účinnost	[%]
η _s	Účinnost použitých měničů napětí	[%]
η _v	Účinnost vedení a spojovacích prvků	[%]
σ	Transmisní součinitel	[-]
φ	Relativní vlhkost vzduchu	[%]

Úvod

Již v dávné době si lidé uvědomovali význam Slunce. V pravěku pro ně představovalo příjemný zdroj tepla. Starověké kultury v něm viděly jednoho ze svých nejvýznamnějších bohů. Ať už staří Egypťané s kultem boha Ra, nebo Řekové a Římané se svým bohem slunce a světla Apollónem. Postupem času se lidé naučili využívat jeho světlo a energii. Například soustavy zrcadel k osvětlování vnitřků pyramid, popřípadě zapálení ohně pomocí optických čoček. Ve starověkém egyptském *Pharaohsu* se sluncem ohříval palác *Theirpalaces*, sluneční energie se zachycovala v černých nádržích s vodou ve dne a v noci se vypouštěla horká voda do paláce. Tímto byl docílen ohřev paláce v noci. Staří Řekové si nechávali navrhovat své domy orientované ke slunci. Velká jižně orientovaná okna sbírala sluneční energii, která se ukládala do masivních zdí a podlah pro pozvolné uvolňování během noci.

Člověk byl naučen využívat své okolní prostředí ke svému užítku, využívat přírodní zdroje přirozeně a šetrně. Až v období průmyslové revoluce se toto začalo rapidně měnit. Zvýšená potřeba tepelné, později elektrické energie vedla k enormnímu využívání miliony let ukládaných fosilních zdrojů, aniž by si člověk uvědomoval, že tyto zásoby nejsou omezené a že jejich využíváním nadobro mění „tvář“ planety Země. V současné době si lidstvo naštěstí začíná všimnout, že nelze současný stav výroby energie na dlouho udržet a snaží se nalézt nové zdroje. Jedním z nich může být i využití slunečního záření.

Z lidského pohledu je to nevyčerpatelný zdroj energie. Jeho nevýhodou je nízká hustota a nerovnoměrná intenzita v průběhu dne i ročního období. Také vyšší hospodárnost konvenčních způsobů výroby elektrické energie zatím nepřispívá k většímu využívání. Ale tím, že se zásoba fosilních paliv neúprosně snižuje, je třeba si v současné době klást otázku, zda technologie, které jsou v současné době nevýhodné, prodělečné, nebudou postupem času jedním z možných řešení, jak zajistit energetickou poptávku budoucích generací. Tento fakt si v posledních letech stále více uvědomují bohatší západoevropské státy. Ty buď formou ekologických daní zatěžují energii, která je vyrobena z neobnovitelných zdrojů a tím se stávají obnovitelné zdroje konkurenceschopné, nebo přímými státními dotacemi podporují využívání obnovitelných zdrojů energie. Vstupem do Evropské unie se Česká republika zařadila mezi tyto státy.

Tato diplomová práce pojednává o možnostech přeměny sluneční energie v energii prospěšnou pro člověka.

Především se zabývá přeměnou slunečního záření v energii tepelnou a elektrickou prostřednictvím fototermálních solárních a fotovoltaických systémů.

Hlavním cílem diplomové práce je experimentální stanovení slunečních podmínek na území České republiky a v Libereckém kraji, vyhodnocení zjištěných skutečností a jejich využití pro posouzení efektivnosti solárních a fotovoltaických systémů na našem území.

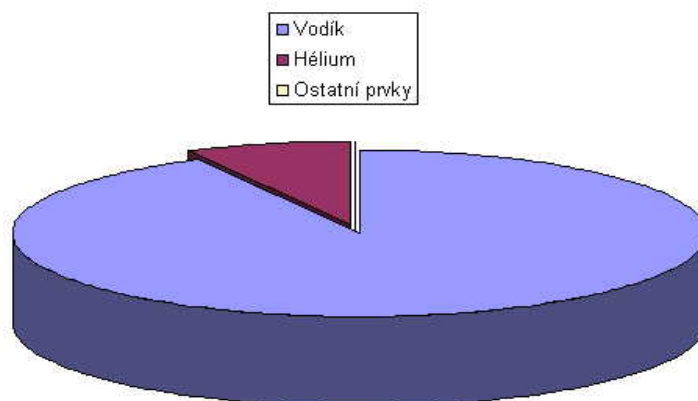
1. Rozbor problematiky využití sluneční energie pro generování tepelné energie

1.1. Slunce

Sluneční energie je zdrojem života na Zemi. Slunce zaujímá 99 % hmotnosti celé sluneční soustavy. Je mohutným zdrojem energie, kterou vyzařuje ve všech oblastech elektromagnetického záření, čímž ovlivňuje všechna tělesa sluneční soustavy. Zde jsou základní data o Slunci (viz. **tab.1**).

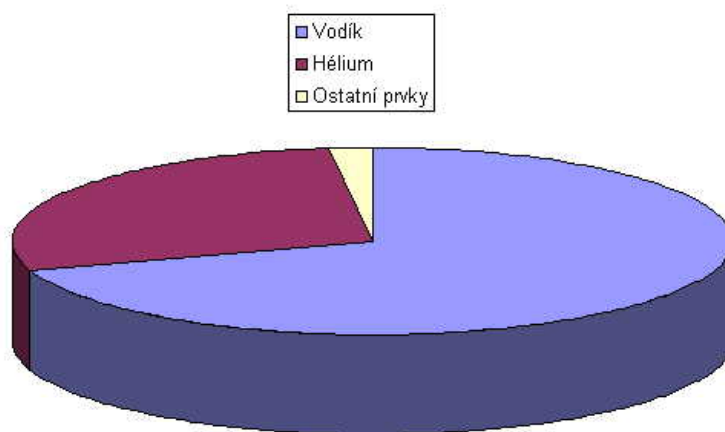
Hmotnost [kg]	$1,989 \cdot 10^{30}$
Hmotnost [Země = 1]	330 000
Rovníkový poloměr [km]	695 990
Teplota povrchu [K]	5 770
Teplota v centru [K]	15 600 000
Střední vzdálenost od Země [km]	149 600 000
Minimální vzdálenost od Země [km] (perihélium)	147 100 000
Maximální vzdálenost od Země [km] (afélium)	152 100 000
Celkový výkon [W]	$3,846 \cdot 10^{26}$
Stáří [roky]	$4,57 \cdot 10^9$

Tab.1: Základní data o Slunci [9]



92,1 % vodík; 7,8 % hélium; 0,1 % ostatní prvky

Graf č.1: Celkové složení Slunce [9]



70 % vodík; 28 % hélium; 2 % ostatní prvky

Graf č.2 Složení povrchu Slunce [9]

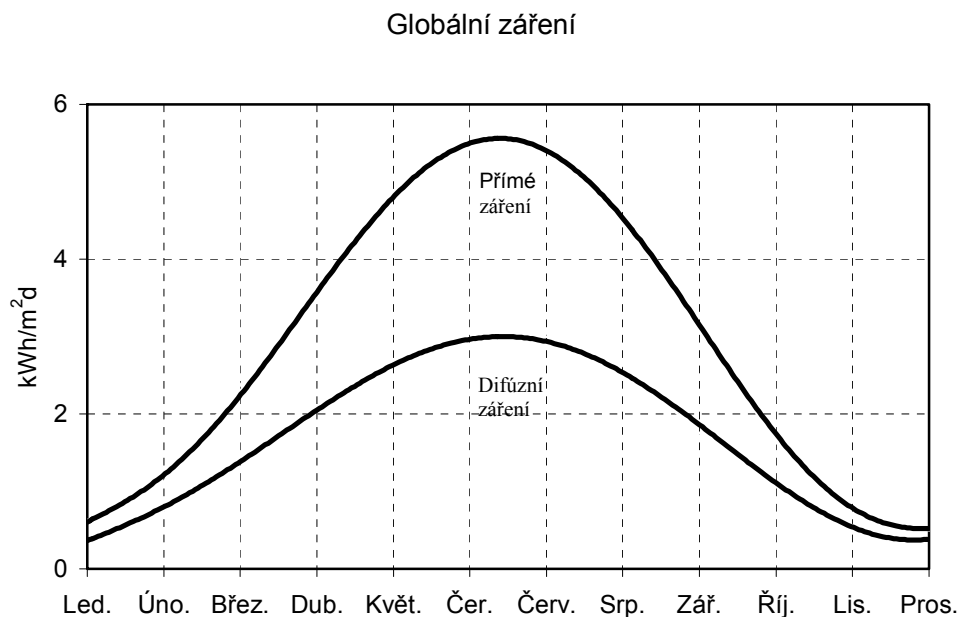
V grafech č.1 a č.2 je zobrazeno celkové složení Slunce a složení povrchu Slunce v procentuálním zastoupení jednotlivých prvků.

1.2. Fyzika slunečního záření

Elektromagnetické záření ze Slunce na Zemi pokrývá dosti široké spektrum od ultrafialové oblasti po blízkou infračervenou oblast. Většina energie dopadající na zemský povrch je v rozsahu vlnových délek od 0,3 μm do 4 μm s maximem ve viditelné oblasti okolo 0,5 μm .

Množství energie záření ze Slunce, které dopadá na jednotku plochy roviny kolmé ke slunečním paprskům mimo atmosféru ve střední vzdálenosti Země od Slunce, se nazývá solární konstanta. Její hodnota je přibližně 1,37 kW/m^2 . Vzdálenost Země od Slunce se během roku mění a v důsledku toho se mění intenzita ozařování od přibližně 1,41 kW/m^2 v lednu do přibližně 1,32 kW/m^2 v červenci.

Většina energie záření o vlnových délkách pod 0,3 μm je absorbována atmosférou a nedosáhne povrchu Země. K dalšímu pohlcování a rozptylu záření dochází při průchodu atmosférou vlivem částic a plynů. Rozptyl přímého slunečního záření v atmosféře vede k difusnímu záření oblohy. Energie záření přijatá na určitém místě Země je tudíž součtem přímého slunečního záření a difusního slunečního záření a označuje se jako „globální intenzita ozařování“ (**graf č.3**: Globální záření). Poměr přímého a difúzního záření je závislý od geografických a mikroklimatických podmínek.

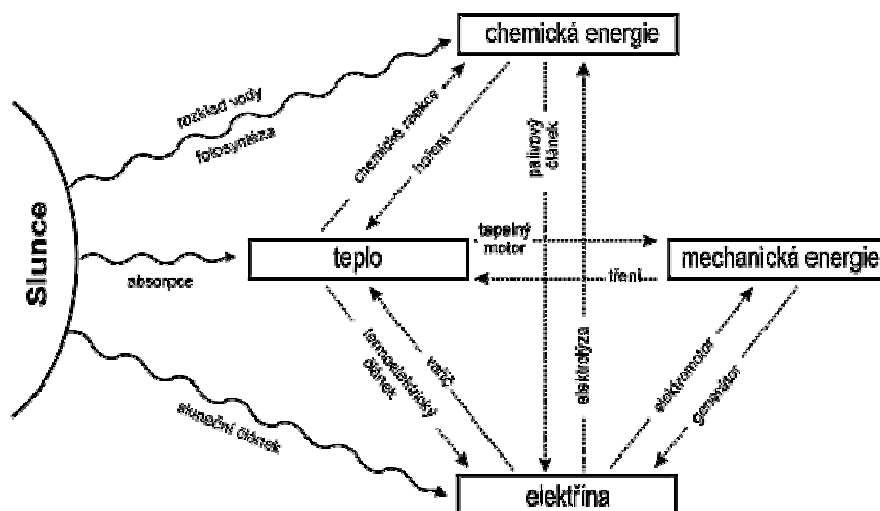


Graf č.3: Střední hodnoty přímého a difúzního záření ve střední Evropě. [2]

Z grafu č.3 je patrné, že difúzní záření ve střední Evropě tvoří v celoročním průměru 50-70 % z globálního záření, přičemž v zimě obsahuje až 90 %-ní podíl. Při projektování solárních systémů v konkrétních lokalitách je třeba vycházet z příslušných meteorologických údajů o globálním slunečním záření a teplotě ovzduší po čas slunečního svitu.

Celosvětová spotřeba energie je dnes asi 13 TW. Slunce dodává Zemi neustále 180 000 TW čisté, nevyčerpatelné a nejkvalitnější energie [6]. Z toho plyne, že nám Slunce zdarma dodává téměř 14000x více energie, než může lidstvo spotřebovat. Při pomyslení na rozsáhlé plochy světových pouští, musí člověka napadnout myšlenka využít rozumně těchto „mrtvých plání“ ve svůj prospěch. Vytvořením rozsáhlých polí složených z fotovoltaických modulů, popřípadě vytvoření solárních elektráren, by se jistě dal vyřešit problém s celosvětovým ubýváním fosilních zdrojů a znečišťováním naší planety. Vždyť i v našich podmínkách již zastává helioenergetika své místo a bude jistě nabývat na významu.

1.3. Typy přeměn energie dopadajícího slunečního záření v jiné energie

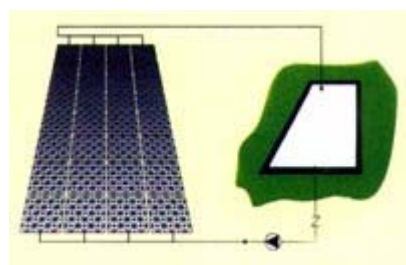


Obrázek č.1: Přeměny sluneční energie.

1.3.1. V teplo

Sluneční záření se mění v teplo procesem nazývaným absorpce záření. V přírodě probíhá absorpce jednak na povrchu Země (asi polovina dopadající energie), jednak v atmosféře (asi pětina dopadající energie). Nejjednodušší zařízení na přeměnu tepla jsou všude okolo nás, např. skleníky, černé fólie, černě natřené sudy pro ohřev vody, atd.. Složitějšími zařízeními, pro jejichž výrobu je potřeba kvalitnějších technologií, jsou například sluneční pece, sluneční sušičky a především sluneční kolektory. Rozsah využití energie slunečních kolektorů je velký:

a) ohřev vody v bazénu: pro ohřev vody ve venkovních bazénech bez dalšího využití tepla se

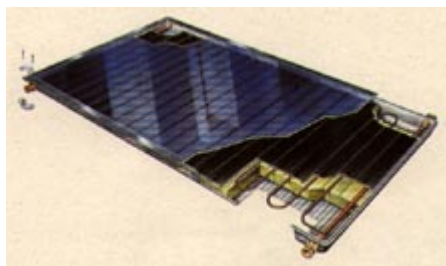


Obrázek č.2: Plastový absorbér.

doporučuje použít jednoduché plastové solární (kazetové) absorbéry. Dají se též částečně využít pro ohřev TUV. Využívají energii slunečního záření a také odpadní teplo ze vzduchu.

Kazeta je celoplastový panel mechanicky neohebný, vyrobený z PE vysoké hustoty. Kvalitnější kolektory jsou v tomto případě zbytečně drahé a jejich vyšší výkon je předurčuje k lepšímu využití (uvedeno v dalších případech).

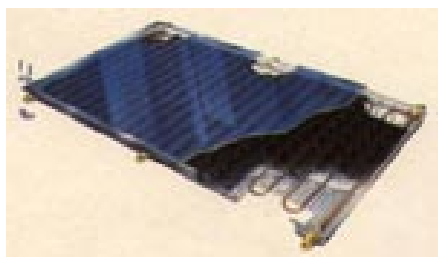
b) příprava teplé užitkové vody:



Obrázek č.3: Deskový kolektor.

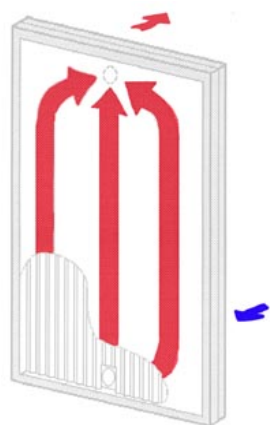
K celoročnímu ohřevu TUV se nejvíce hodí deskové sluneční kolektory. Dají se též použít k ohřívání vody bazénové, popř. k vytápění. Kolektor se skládá z kompaktní lisované skříně a zasklívacího rámu z nekorodující hliníkové slitiny, bezpečnostního solárního skla s antireflexním povrchem. Absorbér je z přitlačně lisovaných hliníkových profilů s vysoce selektivní konverzní vrstvou, do kterého je zaválcovaný meandr z Cu trubky.

c) vytápění objektu:



Obrázek č.4: Vakuový kolektor.

Lepším typem, než deskový, je vakuový kolektor. Je vhodný pro celoroční provoz na ohřev TUV, bazénu, ale zejména k vytápění. Vakuum zajišťuje vysoký výkon kolektoru.



Obrázek č.5: Vzduchový kolektor.

Poměrně nově je na trhu solární zařízení k přímému ohřevu vzduchu. Dopadající sluneční paprsky ohřívají absorpční plochu vzduchového kolektoru, od kterého se ohřívá vzduch. Při nahřátí tohoto absorbéru na 33°C se automaticky uvádí do provozu ventilátor, který ve spodní části nasává chladný vzduch z objektu a vhání do místnosti vzduch ohřátý ze slunečního kolektoru.

d) pasivní domy:**Obrázek č.6:** Pasivní dům.

Jsou jedním z řešení na snížení spotřeby energie člověkem. S využitím alternativních zdrojů je možné dosáhnout téměř energetické nezávislosti na vnější energetické síti. Kombinací fasádních teplovzdušných kolektorů, s řízeným větráním s rekuperací, s předehřevem v zemním kolektoru, popř. hlubinným vrtem pro tepelné čerpadlo, svoji měrnou spotřebu tepla ($< 15 \text{ kWh} / \text{m}^2 \text{ rok}$) pokryjí. Pro zimní měsíce stačí pro dosažení tepelné pohody doplňkový zdroj tepla.

Budoucností přeměny sluneční energie v teplo by mělo být využití solárních systémů pro průmyslové teplo a chlazení. V současné době je solární chlazení spíše výhledem do budoucnosti, přednost má ohřev TUV, popřípadě vytápění objektů, ale postupem času zlepšováním technologií a rostoucími cenami energie najde své uplatnění. V subtropickém pásu lze využít solární systémy pro kombinaci vytápění v zimním období a chlazení v období letním.

Například po celé Evropě je v současné době cca 70 chladících zařízení (převážně v Německu a Španělsku). Dobrým příkladem je Solární chlazení v chorvatské Prištině (**Obr. č.7 a 8**)

**Obrázek č.7 a 8:** Kancelářská budova evropské agentury v Prištině.

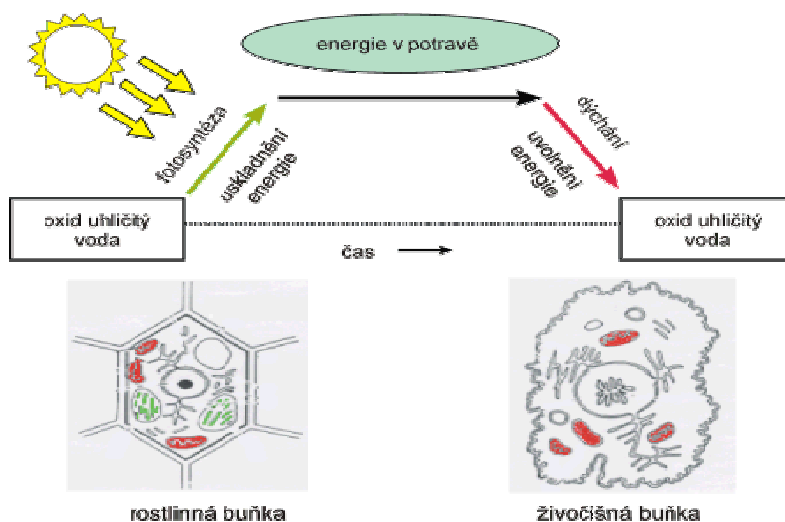
Kancelářská budova evropské agentury po rekonstrukci

- - renovovaná 2002/2003
- - 2300 m² celková zastavěná plocha
- - 1426 m² chlazená/ohřívaná plocha
- - zeměpisná poloha: 39° severní šířky

1.3.2. Přeměna sluneční energie v chemickou energii = fotosyntéza.

Další přirozenou přeměnou sluneční energie je fotosyntéza. Látkově se jedná o přeměnu anorganických látek na látky organické. Energeticky je to přeměna světelné energie na chemickou. Sice účinnost této přeměny je minimální 1-2%, ale je základem života, vytváří tolik potřebný kyslík pro většinu organismů na naší planetě.

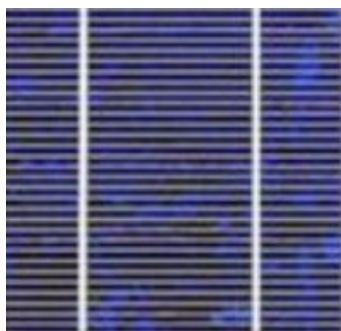
Rovnice fotosyntézy: $6\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$, katalyzátorem je zelené barvivo chlorofyl



Obrázek č. 9: Přeměna sluneční energie v chemickou pomocí fotosyntézy.

1.3.3. Výroba elektrické energie

a) Fotovoltaika



Probíhá ve fotovoltaickém neboli slunečním článku (modulu). Nejčastějším materiálem využívaným pro výrobu fotovoltaických modulů je monokrystalický, multikrystalický (polykrystalický) a amorfni křemík. Je to tenká (méně než 1 mm široká) destička z krystalu/ů křemíku. Sluneční články se spojují a tvoří sluneční panel.

Obrázek č. 10: Sluneční článek (fotovoltaický modul).

Na slunečním panelu o ploše 1 m^2 se v letní poledne získá za jasné oblohy v průměru 150 wattů stejnosměrného proudu. Fotovoltaických elektráren o výkonech kilowattů až megawattů jsou už po světě miliony. Bohužel účinnost přeměny energie je poměrně nízká. V nejnovějších fotovoltaických modulech se pohybuje $\eta = 14 - 18 \%$. V následující tabulce (**tab.2**) je orientačně zobrazeno, jaký je poměr jednotlivých materiálů na trhu a ve výrobě a jakých účinností energetické přeměny jednotlivé materiály dosahují.

Materiál	η laboratorní	η výrobní	Vyráběno v %
Monokrystal c-Si	24,4	17	35
Multikrystal mc-Si	19,8	14	33
Amorfni a-Si	13,2	7	29
celkem			95

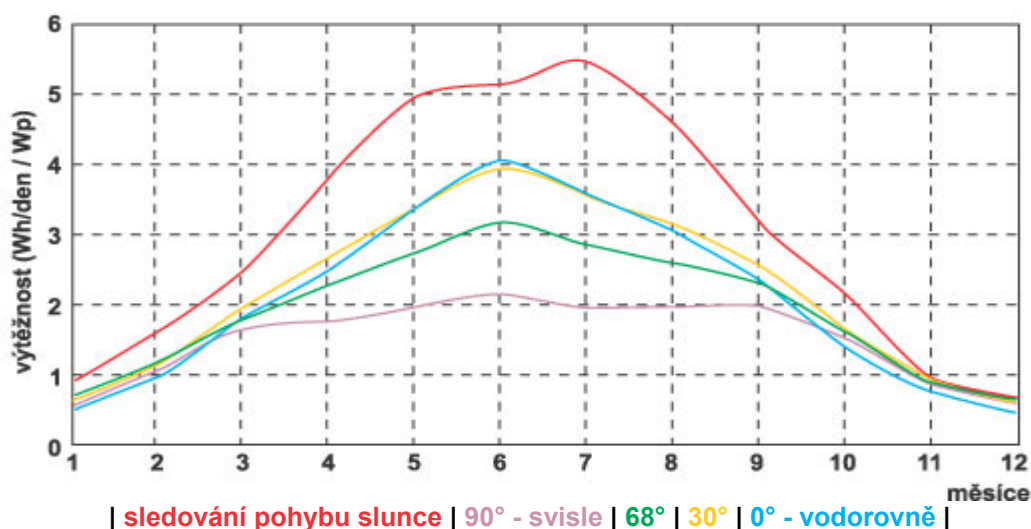
Tab.2: Materiály pro výrobu fotovoltaických modulů a jejich účinnosti [5]

V [12] je uvedeno, že v laboratorních podmínkách se už podařilo docílit i účinnosti okolo 32% u polykrystalického křemíku. Přesto jsou situace, kdy je jejich využití ekonomicky výhodné. Například v místech s nezavedenou elektrickou sítí. Ve stepních a pouštních

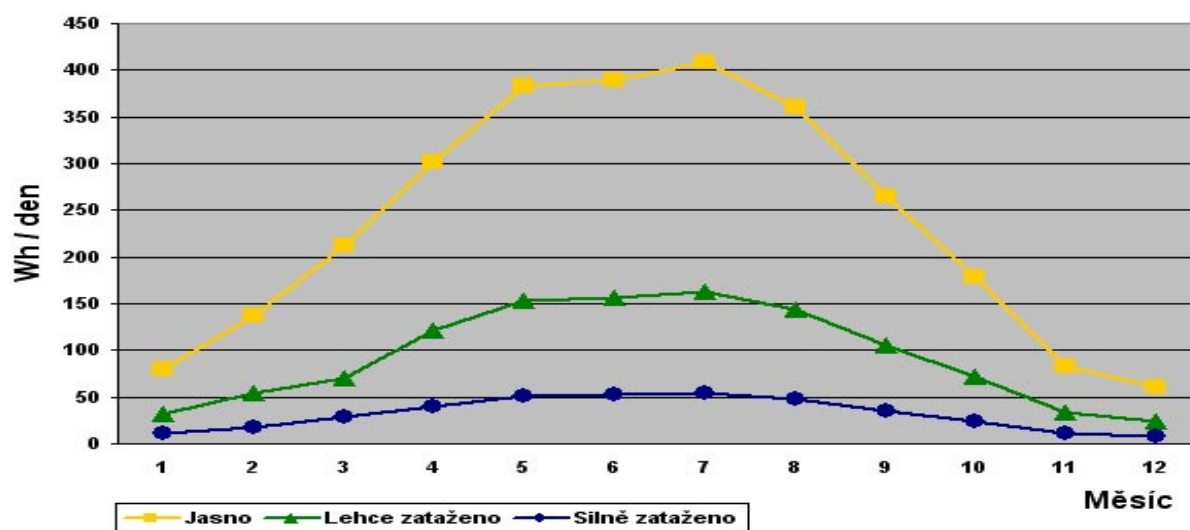


oblastech se využívají jako pohon čerpadel získávajících cenou vodu z hlubokých vrtů. Například tato komerčně vyráběná vodní pumpa čerpá 7 litrů vody za minutu, výkon solárních panelů je 120 W. Voda se využívá pro napájení dobytka.

Obrázek č. 11: Vodní pumpa poháněná fotovoltaickým článkem.



Graf č. 4: Výtěžnost v závislosti na náklonu fotovoltaických panelů během roku [5].



Graf č. 5: Množství získané energie z 1 m² fotovoltaiky během roku [5].

Příklad využití fotovoltaických modulů ve vesmíru:

Nejvyšší účinnosti přeměny slunečního záření v energii lze dosáhnout nad hranicí atmosféry. Důvodem je vesmírné prostředí, kde panuje téměř vakuum a kde slunečnímu záření nestojí nic v cestě. V současné době fungují jako nejčastější zdroj elektrické energie pro napájení vesmírných stanic a družic fotovoltaické články. Japonsko dokonce uvažuje, že vybuduje na geostacionární dráze kosmickou elektrárnu, která by energii na zem přenášela mikrovlnným zářením. Výkon elektrárny by měl odpovídat zhruba výkonu středně velké atomové elektrárny. Celý projekt by se měl uskutečnit nejdříve v roce 2040 a stál by asi 17 miliard dolarů. (Dle [12])



Obrázek č. 12: Základním zdrojem energie pro Mezinárodní kosmickou stanici (ISS) je sluneční záření. Rozsáhlé panely slunečních článků dodávají stanici 110 kW elektrické energie. Velká většina umělých družic a družicových observatoří je zásobována pomocí fotovoltaiické přeměny sluneční energie v elektrickou energii.

b) Solární elektrárny

Solární elektrárny produkují elektrickou energii přeměnou energie slunečního záření. Pro svoji ekonomickou činnost potřebují lokality s dostatečným počtem slunečných dnů. Ve větším měřítku již fungují například v Kalifornii a Arizoně.

Solární věže

Elektrárny tohoto typu jsou složeny z velkého množství zrcadel (heliostatů), které koncentrují sluneční světlo do jednoho místa, zpravidla na vrchol vysoké věže. Směr natočení a sklon zrcadel je počítačově řízen a sleduje denní pohyb Slunce po obloze. Na vrcholu věže se ohřívá vhodné pracovní médium (olej, mletá sůl) na teplotu 500 °C až 1500 °C (sluneční energie se tak přeměňuje na teplo). Ohřáté médium se pak odvádí do energetické jednotky, kde se ohřívá voda a vznikající pára pohání parogenerátor. Ochlazené pracovní médium se následně odvádí zpět do solární věže k dalšímu ohřevu. Ohřáté pracovní médium se ze solární věže může rovněž odvádět do speciálních izolačních tanků, kde se uchovává pro pozdější použití během noci či při oblačnosti.



Obrázek č. 13 – 15: Solární věže v Kalifornii - projekty Solar One (nalevo) a Solar Two (uprostřed a napravo).

Lineární parabolické koncentrační systémy

Další varianta solárních elektráren využívá ke své činnosti vyleštěné žlaby parabolického tvaru (zrcadla), v jejichž ohnisku jsou vedeny trubice, v nichž proudí pracovní médium (voda, olej), které se fokusovaným slunečním zářením ohřívá na teplotu až 300 °C. Ohřáté pracovní médium se následně používá k výrobě páry a elektrická energie se pak získává v parogenerátoru.



Obrázek č. 16 – 18: Lineární parabolické koncentrační systémy.

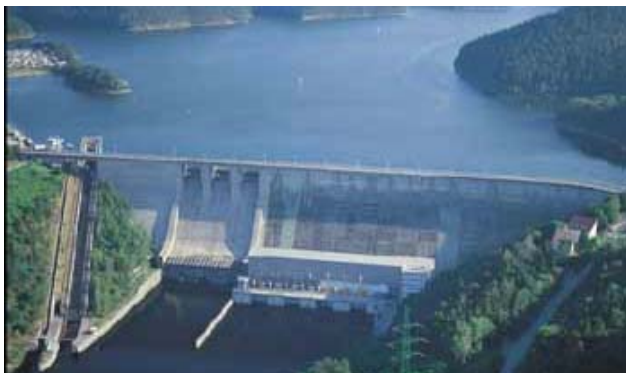
Tento typ elektrárny je zajímavý pro Evropský kontinent. Projekt *SolarBridge* Energetické komise Německé fyzikální společnosti uvažuje využití solární elektrárny tohoto typu ke krytí budoucích energetických potřeb celé Evropy. Vzhledem k průměrné roční spotřebě energie 2 500 000 GWh by rozloha elektrárny se solárními žlaby měla být 20 000 km². Pro její umístění se zdá být vhodným místem poušť Sahara, neboť je zde během roku velký počet slunečných dnů a je zde rovněž k dispozici velké množství neobydlené a hospodářsky nevyužité plochy (elektrárna by zabírala 0,2 % plochy Sahary). Zde vyráběná elektřina by se do Evropy vedla pomocí silových kabelů. Jinou možností je vyrábět na místě elektrolýzou vodík a ten pak do Evropy dovážet loděmi [9].

1.3.4. Mechanickou energii

Pro pohon strojů lze získat ze slunečního záření několika způsoby: přes teplo (sluneční pumpy na Sahaře), přes chemickou energii (etylalkohol, bioplyn, vodík) nebo přes elektřinu (např. sluneční automobily a sluneční letadla).

V přírodě se mění v rozsáhlém měřítku sluneční záření v pohybovou energii větru, mořských proudů a toku řek přirozeně - vlivem rozdílu teploty. Pro využití těchto přírodních sil slouží vodní, přílivové a větrné elektrárny. V našich přírodních podmínkách mají vodní elektrárny

nejvyšší zastoupení v obnovitelných zdrojích energie, přestože nejsou přírodní poměry pro budování vodních energetických děl ideální. Naše toky nemají potřebný spád ani dostatečné



Obrázek č. 19: Vodní elektrárna Orlík (4x91 MW).

množství vody. Jejich velkou výhodou je téměř 100% ekologičnost a bezpečnost, navíc se dají flexibilně využít pro pokrytí aktuální elektrické spotřeby v energetické síti. Vysokým stupněm automatizace přispívají k vyrovnávání změn na tocích a vytvářejí nové možnosti pro revitalizaci prostředí (prokysličování vodního toku). Největší zastoupení vodních děl v ČR je na řece

Vltavě, tzv. „Vltavská kaskáda“.

V poslední době dochází k nárůstu využití větrných elektráren. Jejich nevýhodou bohužel



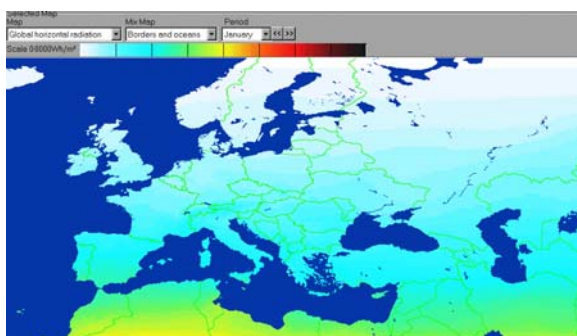
zůstává hluchost a především specifické požadavky pro jejich funkčnost. Podle větrného atlasu ČR, vytvořeného Ústavem fyziky atmosféry Akademie věd ČR na základě podkladů Českého hydrometeorologického ústavu, je celoroční průměrná rychlost větru přes 4 m/s (ve výšce 10 m) a přes 5,3 m/s (ve výšce 30 m). Jako nejvhodnější lokality pro stavbu větrných jsou v nadmořských výškách zpravidla nad 700 m. Až na řídké výjimky se energeticky příhodné lokality pro stavbu větrné elektrárny nacházejí v horských pohraničních pásmech a v oblasti Českomoravské vrchoviny.

Obrázek č. 20: Větrná elektrárna v Protivanově - 100kW.

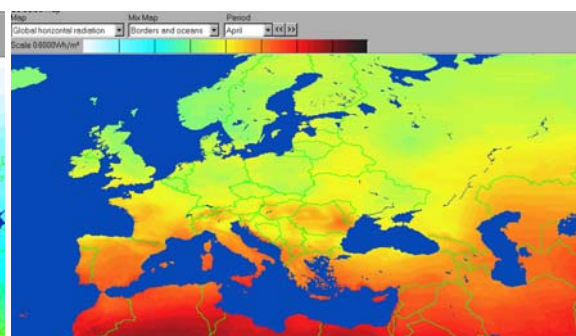
2. Rešerše na téma klimatické podmínky pro uplatnění solárních tepelných systémů

2.1. Zeměpisná šířka

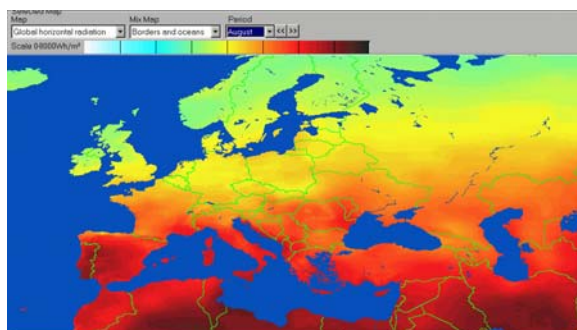
Zeměpisná šířka má zásadní vliv na intenzitu slunečního záření. Na severní polokouli narůstá intenzita slunečního záření směrem od severního pólu k rovníku a na jižní polokouli od jižního pólu k rovníku. Názorná ukázka intenzity slunečního záření na Evropském kontinentu v závislosti na zeměpisné šířce za rok a v určitých měsících roku je na následujících obrázcích (Dle ESRA)



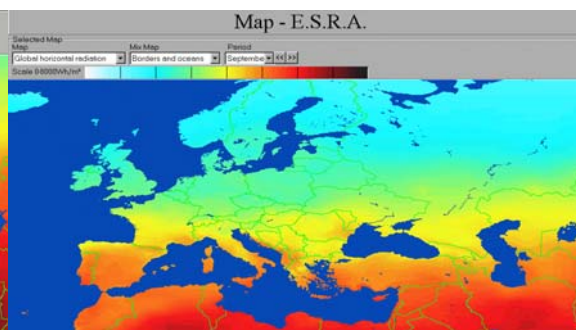
Obrázek č.21: Evropský kontinent v lednu (Wh/m^2).



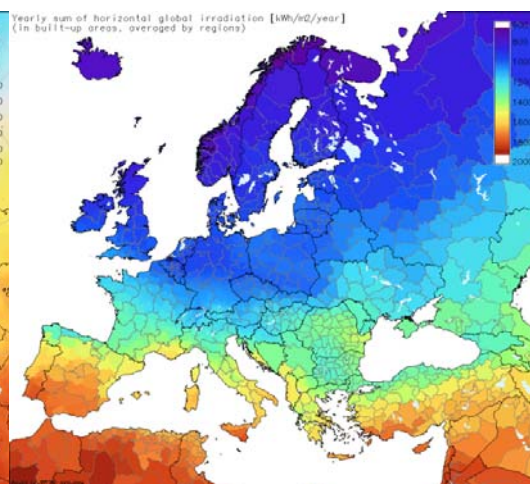
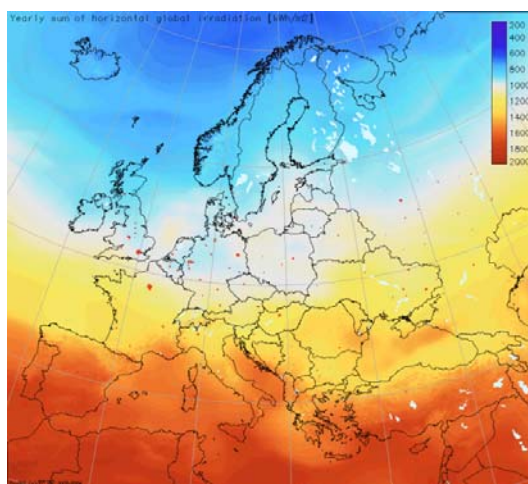
Obrázek č.22: Evropský kontinent v dubnu (Wh/m^2).



Obrázek č.23: Evropský kontinent v srpnu (Wh/m^2).

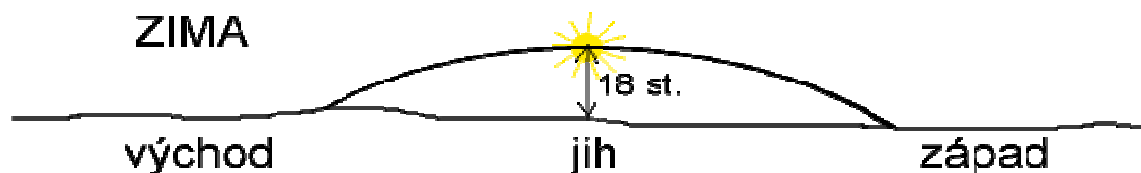


Obrázek č.24: Evropský kontinent v září (Wh/m^2).



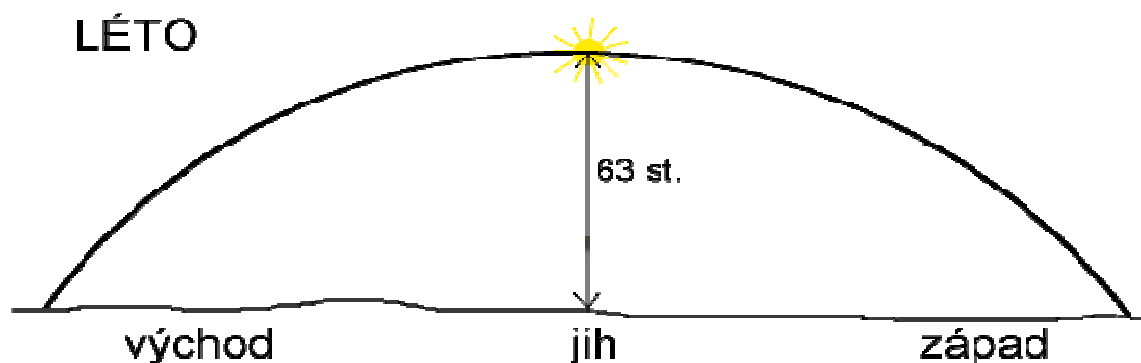
Obrázek č. 25 a 26: Evropský kontinent – roční záření (kWh/m^2).

Jak je z předchozích obrázků patrné, tak k největším rozdílům v intenzitě slunečního záření dochází během letního období. Rozdíl mezi slunečním zářením na severu a jihu je až šestinásobný. Největší vliv na to má fakt, že zemská rotační osa je vůči rovině oběžné dráhy (ekliptice) skloněná zhruba o třiadvacet a půl stupně.



Obrázek č.27: Dráha slunce po zimní obloze.

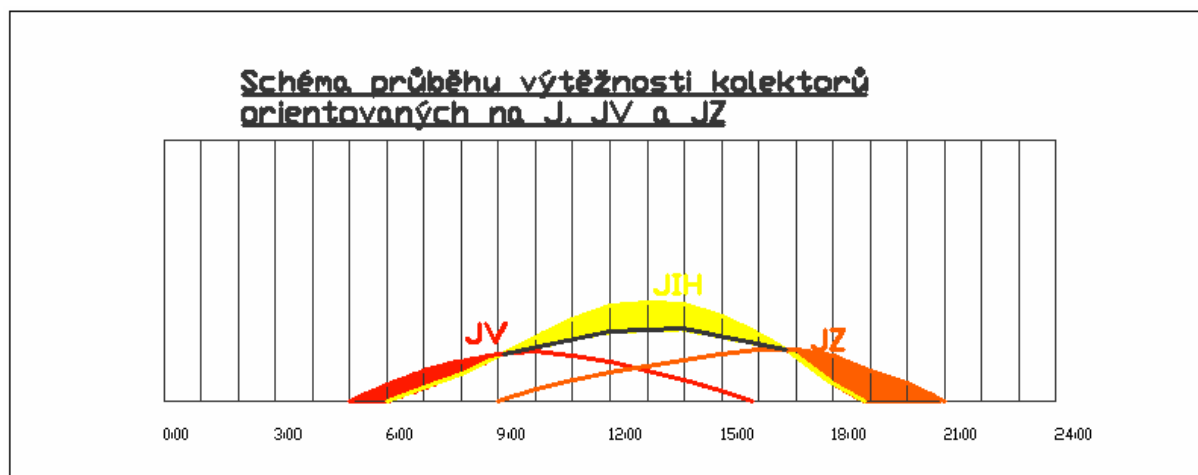
Když je na severní polokouli zima, je severní polokoule odkloněná od Slunce (největší odklon je v období zimního slunovratu) - Slunce se pohybuje nad obratníkem kozoroha, 23° na jih od rovníku. Maximální výška nad obzorem, na kterou se Slunce dostane v době zimního slunovratu, v době nejdelších nocí, je pouhých osmnáct stupňů.



Obrázek č.28: Dráha slunce po letní obloze.

V létě, v období kolem letního slunovratu, se Slunce pohybuje nad obratníkem raka, třiadvacet stupňů na sever od rovníku. V našich zeměpisných šířkách vystoupá v létě až na šedesát tři stupně nad obzor.

Z těchto faktů plyne, že nejefektivnější sklon kolektorového pole v našich podmínkách je v rozmezí $40 - 50^\circ$ pro celoroční využití. U sezónního využití se pak volí příslušný sklon v závislosti na využití kolektoru. Např. Pro ohřev bazénů v letním období je vhodnější instalovat kolektorovou (absorpční) plochu do 30° , naopak v případě přitápění pro období jaro a podzim okolo 60° a v případě přitápění i v zimním období až 80° .



Obrázek č.29: Výtěžnost kolektorů v závislosti na orientaci vůči světové straně.

Vhodná orientace kolektoru také má podstatný vliv. Nejideálnější pozice je na jih, popřípadě mírně na JZ (do 15° od jihu). Slunce míří od východu na západ přes jižní stranu, proto při orientaci kolektorové plochy na jih je schopna absorbovat téměř veškeré celodenní sluneční záření a tím docílit maximální účinnosti.

2.2. Nadmořská výška

Intenzita slunečního záření s nadmořskou výškou stoupá. Může za to menší vrstva atmosféry, přes kterou sluneční záření prochází a také to, že znečištění atmosféry ve vyšších nadmořských výškách je nižší než v níže položených oblastech. Je to především dáno lidským osídlením, městskou a průmyslovou zástavbou. V oblastech se silně znečištěnou atmosférou, je nutné počítat s poklesem globálního záření o 5 - 10%, někdy až 15 - 20%. Pro oblasti s nadmořskou výškou od 700 do 2 000 m.n.m. lze počítat naopak s 5% nárůstem globálního záření.

2.3. Znečištění atmosféry

Průchodem paprsků atmosférou se intenzita slunečního záření zmenšuje; dochází k rozptylu paprsků odrazem o molekuly plynů a částičky prachu ve vzduchu a zároveň k absorpci záření víceatomovými plyny (vodní pára H_2O , oxidem uhličitým CO_2 a ozónem O_3) obsaženými ve vzduchu. Mírou tohoto znečištění intenzity slunečního záření je tzv. *součinitel znečištění (zakalení) atmosféry Z*, který závisí na obsahu příměsí ve vzduchu a na

atmosférickém tlaku (na nadmořské výšce). Součinitel znečištění atmosféry je definován *Linkeho vztahem*

$$Z = \frac{\ln I_0 - \ln I_n}{\ln I_0 - \ln I_{\varepsilon}} \quad [-] \quad (1)$$

Kde I_0 je sluneční konstanta,

I_n – intenzita záření na plochu kolmou ke slunečním paprskům při daném znečištění ovzduší,

I_{ε} – intenzita záření na plochu kolmou ke slunečním paprskům při dokonale čistém ovzduší.

Na venkově, kde je čistý vzduch, je součinitel Z menší než ve městech se značnou koncentrací exhalací. Také s přibývajícím nadmořskou výškou se součinitel Z zmenšuje. Nejmenší hodnoty byly zjištěny na vrcholcích velehor ($Z = 2$), největší naopak v průmyslových městech ($Z = 5$ až 8)

Za normálních okolností lze počítat s průměrnými hodnotami (**tab.3**)

Stupeň znečištění Z	Lokalita
2	pro místa nad 2000 m.n.m.
2,5	pro místa nad 1000 m.n.m
3	Pro venkov bez průmyslových exhalací
4	pro města s průmyslovými exhalacemi
5 - 8	silně znečištěné prostředí

Tab.3: Průměrné hodnoty stupně znečištění atmosféry [1]

V podmínkách střední Evropy lze počítat s průměrnými měsíčními hodnotami Z podle (tab.4)

Měsíc	Průměrné měsíční hodnoty součinitele Z pro oblasti s rozdílnou čistotou ovzduší			
	Horské oblasti	Venkov	Města	Průmyslové oblasti
Leden	1,5	2,1	3,1	4,1
Únor	1,6	2,2	3,2	4,3
Březen	1,8	2,5	3,5	4,7
Duben	1,9	2,9	4,0	5,3
Květen	2,0	3,2	4,2	5,5
Červen	2,3	3,4	4,3	5,7
Červenec	2,3	3,5	4,4	5,8
Srpen	2,3	3,3	4,3	5,7
Září	2,1	2,9	4,0	5,3
Říjen	1,8	2,6	3,6	4,9
Listopad	1,6	2,3	3,3	4,5
Prosinec	1,5	2,2	3,1	4,2
Roční průměr	1,9	2,75	3,75	5,0

Tab.4: Průměrný měsíční součinitel znečištění atmosféry [1]

2.4. Doba slunečního svitu

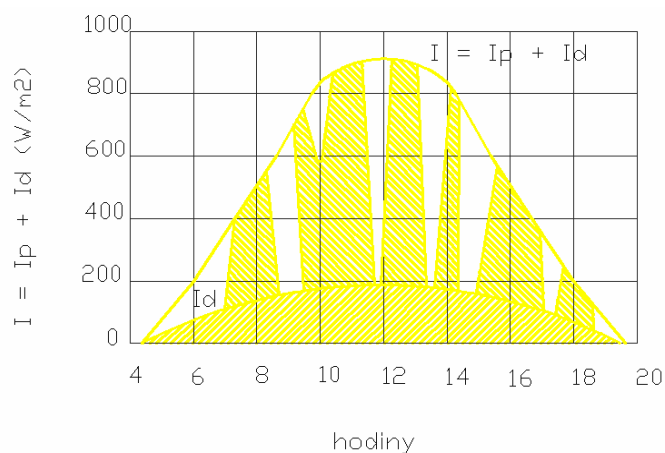
V (tab.5) je teoretická doba slunečního svitu pro 50° severní šířky.

Měsíc	Teoretická doba slunečního svitu za den (hod)
Prosinec	7,85
Listopad, leden	8,26
Říjen, únor	10,12
Září, březen	12,00
Srpen, duben	13,90
Červenec, květen	15,70
Červen	16,34

Tab.5: Teoretická doba slunečního svitu pro 50° severní šířky [1]

Teoretické doby slunečního svitu lze dosáhnout pouze tehdy, pokud slunce svítí nepřetržitě po celou teoreticky možnou (astronomickou) dobu. V našich klimatických podmínkách je tento případ vzácný, ne-li nemožný. Nejčastěji se během dne střídá jasná obloha s oblohou zataženou mraky. Skutečný průběh intenzity slunečního záření během dne se střídavou oblačností by tedy měl vypadat takto:

Obrázek č. 30: Skutečný průběh intenzity slunečního záření během dne se střídavou oblačností. Kde I_d je záření difúzní, I_p záření přímé a I celkové záření. [1]



Zde je sluneční svit skutečný v některých městech České republiky (**tab.6**).

Měsíc	Praha (h)	České Budějovice (h)	Hradec Králové (h)	Brno (h)
Leden	53	46	47	46
Únor	90	82	77	88
Březen	157	136	149	142
Duben	187	164	185	163
Květen	247	207	241	232
Červen	266	226	249	258
Červenec	266	238	252	270
Srpen	238	219	233	230
Září	190	174	188	179
Říjen	117	108	115	116
Listopad	53	55	48	56
Prosinec	35	36	42	30
Celkem	1899	1691	1826	1810

Tab.6: Skutečný sluneční svit ve vybraných městech v ČR. [1]

2.5. Využití klimatických údajů pro navrhování solárních systémů

Díky dlouhodobému měření slunečního svitu lze získat zprůměrováním klimatických údajů poměrně přesnou představu o skutečné délce slunečního svitu ve sledované oblasti. Pomocí toho lze vyjádřit poměr mezi skutečnou délkou a teoretickou délkou slunečního svitu, tzv. Poměrnou dobu slunečního svitu (**tab.7**): $\tau = \tau_{skutečků} / \tau_{teoretická} \quad [-]$ (2)

Měsíc	Praha (h)	České Budějovice (h)	Hradec Králové (h)	Brno (h)
Leden	0,21	0,18	0,18	0,18
Únor	0,32	0,29	0,27	0,31
Březen	0,42	0,37	0,40	0,38
Duben	0,45	0,39	0,44	0,39
Květen	0,51	0,43	0,50	0,48
Červen	0,54	0,46	0,51	0,53
Červenec	0,55	0,49	0,52	0,56
Srpen	0,55	0,51	0,54	0,53
Září	0,53	0,48	0,52	0,50
Říjen	0,37	0,34	0,37	0,37
Listopad	0,21	0,22	0,19	0,23
Prosinec	0,14	0,15	0,17	0,12

Tab.7: Poměrná doba slunečního svitu. [1]

Z těchto údajů je možné získat skutečnou energii dopadající na osluněnou plochu:

$$E_{skutečků} = \tau \times E_{skutečků-teoretická} + (1 - \tau) E_{difuzní} \quad [kWh/m^2], \quad (3)$$

kde $E_{skutečků-teoretická}$ získám jako součet hodnot globální intenzity ozařování za určité časové

období, nebo-li ze vztahu $E_{skutečků-teoretická} = \int_{\tau_1}^{\tau_2} I d\tau \quad [kWh/m^2], \quad (4)$

τ je poměrná doba slunečního svitu a

$E_{difuzní}$ získám z tabelárních hodnot

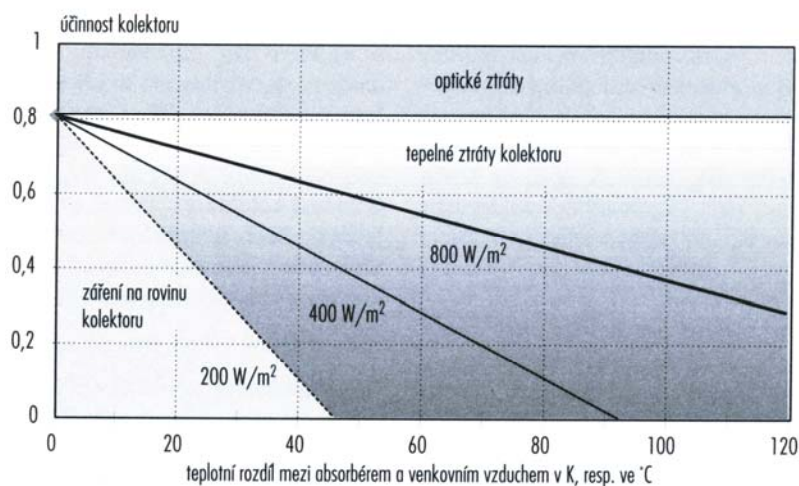
Například pro 50° severní šířky a součinitel znečištění atmosféry $Z = 3$ platí tato tabulka(**tab.8**):

Úhel sklonu oslněné plochy α	Energie difúzního záření $E_{difúzní}$ (kW.h/m ²)v jednotlivých měsících						
		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
	XII.	XI.	X.	IX.	VIII.	VII.	
0°	0,42	0,51	0,72	0,98	1,19	1,35	1,39
15°	0,42	0,51	0,72	0,98	1,19	1,36	1,40
30°	0,41	0,50	0,71	0,98	1,20	1,37	1,41
45°	0,40	0,48	0,69	0,97	1,22	1,4	1,45
60°	0,38	0,46	0,68	0,97	1,24	1,43	1,51
75°	0,35	0,43	0,66	0,97	1,26	1,47	1,56
90°	0,33	0,41	0,64	0,96	1,29	1,52	1,62

Tab.8: Poměrná energie difúzního záření. [1]

Pro návrh solárních systémů se vychází z hodnot $E_{skutečku}$, pouze tak dokážeme zjistit jakou energii jsme schopni získat.

Nesmíme však také zapomenout na ztráty kolektorů a to především ztráty optické a tepelné.



Obrázek č.31: Účinnost kolektoru jako funkce rozdílu teplot mezi absorberem a okolím při slunečním záření 800, 400 a 200 W/m². [2]

Optické ztráty:

Především reflexe na povrchu transparentního krytu a absorpce při průchodu materiálem má vliv na účinnost kolektoru z hlediska optických ztrát. Ztráty reflexí jsou závislé na úhlu

dopadu záření (při úhlu nad 50° ztráta výrazně stoupá). Ztráty přenosem se určují pomocí transmisního součinitele σ . Např. skleněná tabule propustí asi 85 až 95 % záření, z toho plyne $\sigma = 0,85 \dots 0,95$.

Na přeměnu záření v teplo má vliv součinitel absorpce absorberu (resp.povrstvení), čím má vyšší hodnotu, tím je přeměna lepší. Kvalitní materiály dosahují hodnot $\alpha = 0,9$ a více. Optický stupeň účinnosti η_0 udává, jaký zlomek dopadajícího záření $E_{skutečku}$ bude přeměněn na teplo Q (W/m^2).

$$\eta_0 = \sigma \times \alpha \quad [-] \quad (5)$$

$$Q = \sigma \times \alpha \times E_{skutečku} \quad [W/m^2] \quad (6)$$

Tepelné ztráty:

Tepelný výkon P_a vyvinutý na absorberu ovlivňuje zvýšení teploty absorberu t_a oproti teplotě okolí t_o . Zhruba na stejnou teplotu se ohřeje i absorberem protékající teplotonosná kapalina. Pro výsledný výkon je nutné odečíst od výkonu P_a tepelné ztráty kolektoru. Velikost tepelných ztrát je značně závislá na konstrukci kolektoru a přirozeně na rozdílu teplot mezi absorberem a vnějším vzduchem ($t_a - t_o$). Čím je teplejší absorber, tím jsou také vyšší tepelné ztráty označené jako P_z (W/m^2). Ztrátový výkon se dá vypočítat dle vztahu:

$$P_z = k \times (t_a - t_o) \quad [W/m^2], \quad (7)$$

kde k je vliv konstrukce kolektoru, podobně jako součinitel k u prostupu tepla stavebních dílů. Udává, kolik tepla vyjádřeného ve wattech na m^2 kolektorové plochy a teplotního rozdílu (K) odchází do okolí. Ve spojení se selektivním povrstvením absorberu se tak může dosáhnout součinitele k od 2,3 po 4 W/m^2K .

Výsledný(užitečný) výkon absorberu získáme jako rozdíl tepelného výkonu P_a ($P_a \approx Q$) a výkonu ztrátového (vztaženo na 1 m^2). Tento vztah se nazývá kolektorová rovnice. Popisuje všeobecné vztahy mezi energií záření, teplotou kolektoru, tepelnými ztrátami a užitečným teplem P_c .

$$P_c = P_a - P_z \quad [W/m^2] \quad (8)$$

Pozn. Tento vztah zanedbává ztráty reflexí, tepelnou kapacitu kolektoru a nelineární závislost mezi teplotou a tepelnými ztrátami.

Účinnost kolektoru

Je definována jako poměr mezi odevzdávaným výkonem z kolektoru a příkonem záření na něj.

$$\eta = P_c / E_{\text{skutečná}} = \frac{(\sigma \times \alpha \times E_{\text{skutečků}}) - k \times (t_a - t_o)}{E_{\text{skutečků}}} \quad [-] \quad (9)$$

Tato kolektorová rovnice účinnosti je vyjádřena v grafickém provedení přímkou (viz. **Obr.31**). Avšak praktická měření na kolektorech ukazují, že se lineární průběhy neshodují v některých případech s realitou. Především k tomu dochází při velkých rozdílech teplot mezi absorberem a teplotou okolí. Proto byla zavedena tato rovnice účinnosti, do které je zaveden kvadratický člen.

$$\eta = \sigma \cdot \alpha - k_1 \cdot x - k_2 \cdot E_{\text{skutečků}} \cdot x^2 \quad [-] \quad (10)$$

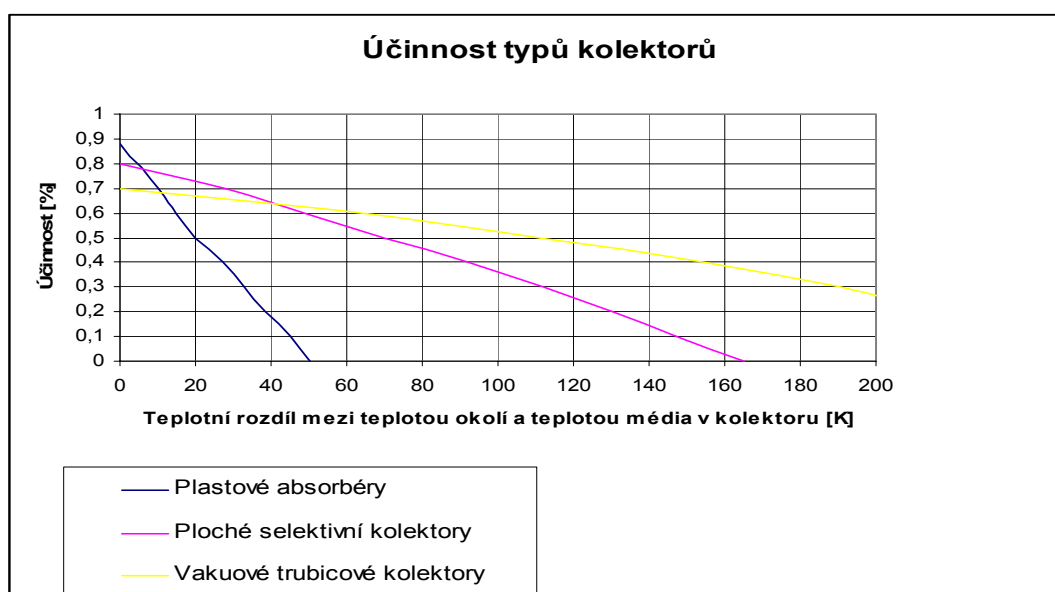
$$x = \frac{t_a - t_o}{E_{\text{skutečků}}} \quad [m^2K/W] \quad , \text{ kde} \quad (11)$$

x – redukovaná teplota [m^2K/W]

k_1 - konstanta vyjadřující tepelné ztráty kolektoru [W/m^2K^1] [2]

k_2 - konstanta vyjadřující zakřivení závislosti = $f(x)$ (souvisí s tepelnými ztrátami)

[W/m^2K^2] [2]



Graf č. 6: Účinnost jednotlivých typů kolektorů dle [2].

3. Experimentální měření meteorologických dat pro solární energetiku v solární laboratoři Katedry energetických zařízení



Obrázek č.32: Meteorologický stožár TUL – KEZ.

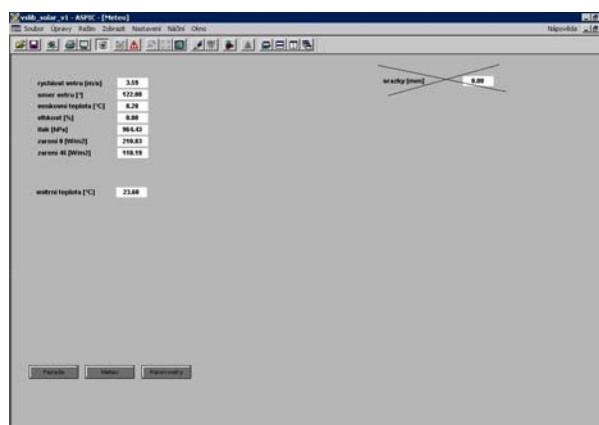
Meteorologická laboratoř Katedry energetických zařízení TUL je umístěna na střeše budovy „B“. Všechny měřicí přístroje jsou umístěny na meteorologickém stožáru kromě pyranometru měřícího intenzitu globálního ozařování, ten je umístěn v rovině kolektorů orientovaných na J JV pod úhlem 45° od vodorovné roviny. Geografické umístění stožáru je $50^\circ 46' 23''$ severní šířky a $15^\circ 04' 24''$ východní délky.



Obrázek č.33: Počítač pro ukládání dat.



Obrázek č.34: Rozvodná skříň.



Obrázek č.35: Pohled na hlavní okno programu Aspic (Meteo).

3.1. Měření meteorologických dat – měřidla

Měření rychlosti a směru větru

K měření rychlosti a směru větru slouží ultrazvukový anemometr Windsonic firmy Gill. Čidlo funguje na principu Dopplerova efektu, kdy se měří zpoždění resp. urychlení ultrazvukového signálu ve dvou na sebe kolmých směrech.



Technické parametry čidla:

Přesnost měření rychlosti $\pm 2\%$, rozlišení 0,01 m/s,

Rozsah 0-60 m/s

Přesnost měření směru $\pm 3^\circ$, rozlišení 1° ,

Rozsah $0^\circ - 359^\circ$

Napájecí napětí: 9 ÷ 30 V dc

Výstup z čidla: 4-20 mA

Provozní teplota $-35 \div +70^\circ\text{C}$

Provozní vlhkost $<5\% \div 100\%$

Obrázek č.36: Ultrazvukový anemometr Windsonic.

Měření atmosférického tlaku

K měření atmosférického tlaku slouží čidlo tlaku ETBAR firmy ENVItech Bohemia.



Technické parametry čidla:

Jmenovité tlakové rozsahy: $\pm 100 \text{ Pa} \div \pm 100 \text{ kPa}$

Teplotní chyba rozsahu 0,2% max. 0,3%/10°C

Chyba nastavení max. 1% (0,5%) $\pm 2 \text{ Pa}$

Napájecí napětí 12 – 36 V dc.

Výstup z čidla: 4-20 mA

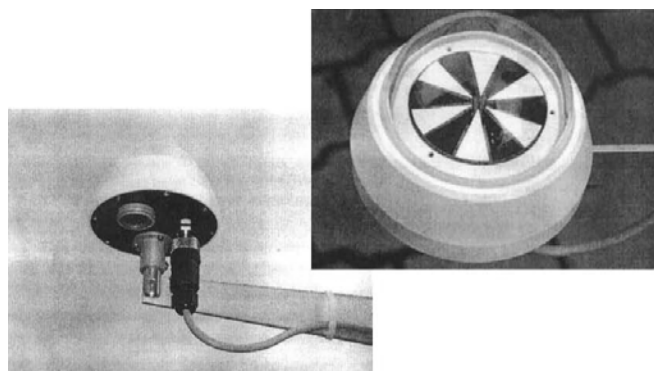
Obrázek č. 37: Tlakoměr ETBAR.

Provozní teplotní rozsah: $-20 \div +85^\circ\text{C}$

Měření slunečního záření

K měření slunečního záření slouží pyranometr RS 81 (SG 420) – firmy ENVItech Bohemia. Čidlo je určeno k měření intenzity záření. Měření je založeno na principu teplotní difference vzniklé slunečním zářením na černé a bílé ploše. Na připevněných termočláncích vzniká napětí, které je po zesílení přímo závislé na intenzitě slunečního záření.

Ve spodní části čidla je umístěna výměnná šroubovací vysoušecí vložka s barevným indikátorem účinnosti.



Obrázek č. 38: Pyranometr RS 81.

Technické parametry čidla:

Měřicí rozsah:	$0 \div 1200 \text{ W/m}^2$
Spektrální rozsah:	$0,3 \div 3 \mu\text{m}$
Napájecí napětí:	$15 \div 24 \text{ V dc}$
Výstup z čidla:	$4\text{--}20 \text{ mA}$
Rozsah pracovních teplot:	$-30 \div +60^\circ\text{C}$
Přesnost měření:	$\pm 3\%$

Měření vlhkosti vzduchu a měření venkovní teploty

K měření relativní vlhkosti vzduchu a zároveň venkovní teploty slouží Hygro - Thermo Transmitter – compact (kompaktní přenášec vlhkosti a teploty) se štítem proti slunečnímu záření od firmy GmbH & Co.KG . Zároveň se jím dají měřit i další neagresivní plyny. Senzory přístroje zaručují vysoký stupeň tepelné stability, blízké lineární charakteristiky a nízké hystereze (závislosti stavu na stavech předchozích).

Technické parametry čidla:

Relativní vlhkost:

Měřicí rozsah: $5 \div 95\%$ při teplotě $10 - 40^\circ\text{C}$

Přesnost měření: $\pm 2\%$

Napájecí napětí: $12 \div 30 \text{ V dc}$

Výstup z čidla: $4\text{--}20 \text{ mA}$

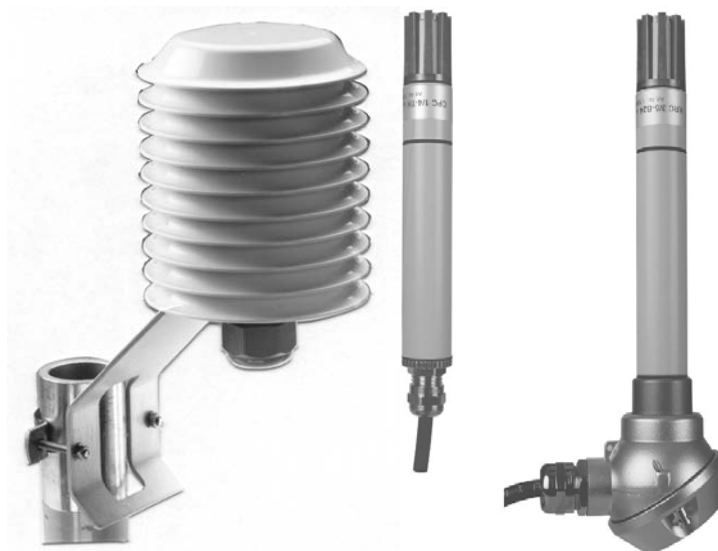
Teplota:

$- 40 \div +80^\circ\text{C}$

$\pm 0,2 \text{ K}$ při 1 m/s a $+20^\circ\text{C}$

$12 \div 30 \text{ V dc}$

$4\text{--}20 \text{ mA}$



Obrázek č. 39: Hygro - Thermo Transmitter – compact.

Měření atmosférických srážek

K měření atmosférických srážek slouží srážkoměr firmy ENVItech NTM 500. Princip měření spočívá ve dvou jímkách, které připomínají jazýčkové váhy. Při naplnění aktivní jímky (jímka, do které spadají atmosférické srážky) dojde k poklesu jímky (vlivem gravitace) – pulsu – a na místo aktivní jímky se dostává jímka druhá, která se stává aktivní po dobu plnění.



Technické parametry čidla:

Citlivost – 1 puls	0,1 mm
Výstup – galvanicky oddělený	jazýčkové relé
Napájecí napětí	24V AC/DC
Aktivní plocha sběrného límce	500cm ²
Celkové rozměry – výška	301 mm
- průměr	304 mm
Hmotnost:	7 kg

Obrázek č. 40: Srážkoměr NTM 500.

Bohužel zařízení není v současné době v provozu, proto nejsou k dispozici z naší laboratoře žádná data.

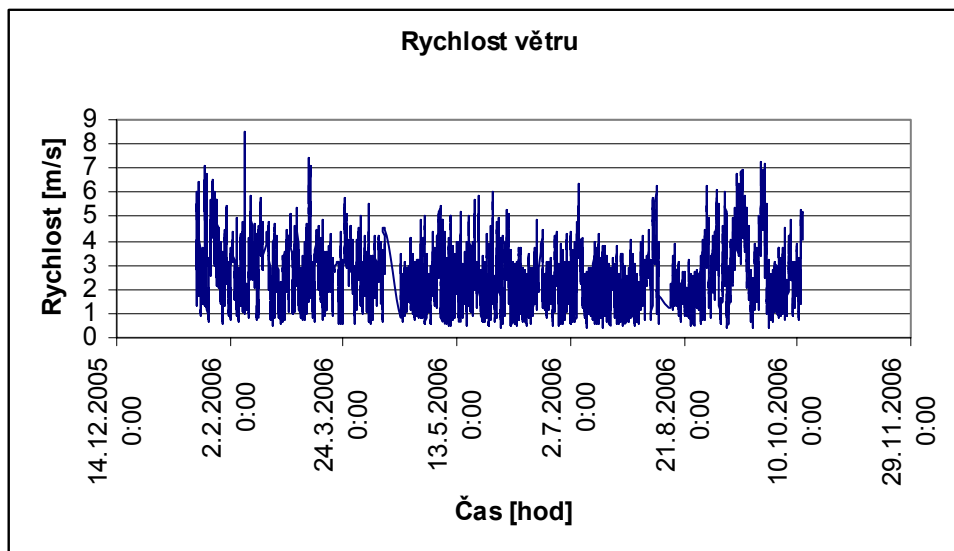
3.2. Shromážděná data

Data v laboratoři se ukládají do centrálního počítače ve formátu Microsoft SQL Server v budově "B". Vizualizační a řídicí program Aspic byl zvolen pro jejich ukládání do dvou databází. Databáze tříminutová a databáze hodinová, která je dopočítávána z databáze tříminutové. Tříminutová databáze obsahuje data za poslední 4 měsíce. Hodinová databáze ukládá všechna data od počátku měření.

Meteorologická čidla snímají tyto veličiny: rychlost větru, venkovní teplotu, vlhkost vzduchu, barometrický tlak, globální sluneční ozařování v 0° a 45°. Veškerá naměřená data z laboratoře TUL jsou zaznamenána na přiloženém cd. Zde jsou uvedeny pouze grafy za celou dobu

měření a ukázky dat a grafů vztahující se k daným datům. Jako ukázkou jsou vybrána data ze dne 1.2.2006, protože bylo jasno a díky tomu lze nádherně sledovat průběhy globálního slunečního ozařování.

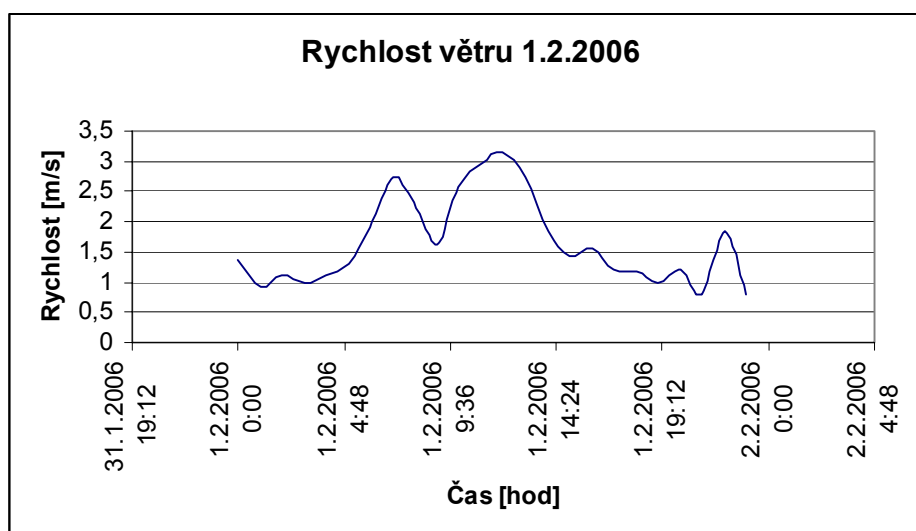
3.2.1. Měření rychlosti větru



Graf č. 7: Rychlost větru za rok 2006 z měření laboratoře TUL.

čas [hod]	rychlost [m/s]	čas [hod]	rychlost [m/s]	čas [hod]	rychlost [m/s]
1.2.2006 0:00	1,373500001	1.2.2006 8:00	2,326499999	1.2.2006 16:00	1,547999996
1.2.2006 1:00	0,926999995	1.2.2006 9:00	1,629500002	1.2.2006 17:00	1,219000009
1.2.2006 2:00	1,114	1.2.2006 10:00	2,589000016	1.2.2006 18:00	1,171999994
1.2.2006 3:00	0,999999997	1.2.2006 11:00	2,955499989	1.2.2006 19:00	0,998499995
1.2.2006 4:00	1,102499998	1.2.2006 12:00	3,150000018	1.2.2006 20:00	1,205499998
1.2.2006 5:00	1,303000009	1.2.2006 13:00	2,736499971	1.2.2006 21:00	0,783999991
1.2.2006 6:00	1,919999993	1.2.2006 14:00	1,841499972	1.2.2006 22:00	1,841500002
1.2.2006 7:00	2,730500013	1.2.2006 15:00	1,422000003	1.2.2006 23:00	0,811000003

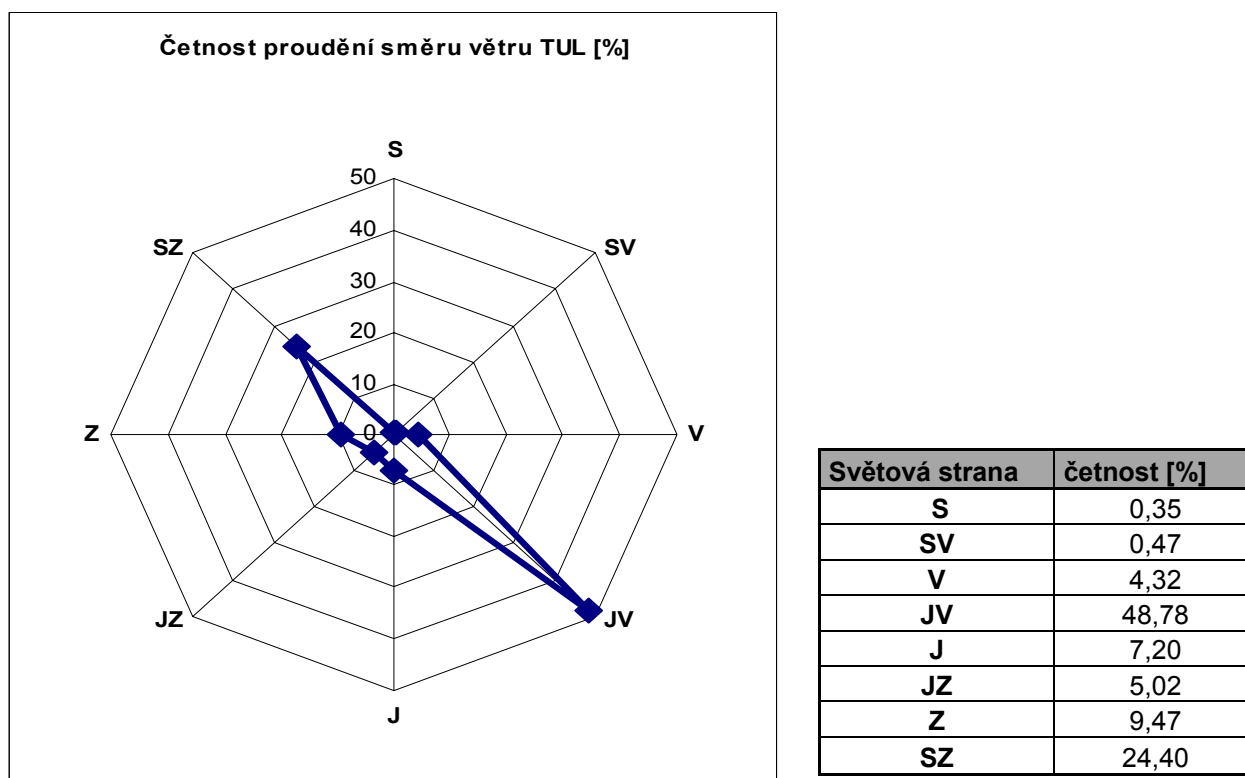
Tab.9: Naměřená data rychlosti větru z 1.2.2006.



Graf č. 8: Rychlost větru z 1.2.2006 z měření laboratoře TUL.

Z měření rychlosti větru je patrné, že je na Liberecku poměrně větrno, avšak netrpí extrémní silou větru. Průměrná rychlost větru se v roce 2006 pohybovala okolo hodnoty $v = 2,5 \text{ m/s}$. Nejvyšší průměrné hodinové hodnoty $v = 8,49 \text{ m/s}$ bylo dosaženo 8.2.2006 v 6:00 s nárazovým větrem $15,12 \text{ m/s}$. Což je dle Beaufortovy stupnice síly větru mírný až čerstvý víchr.

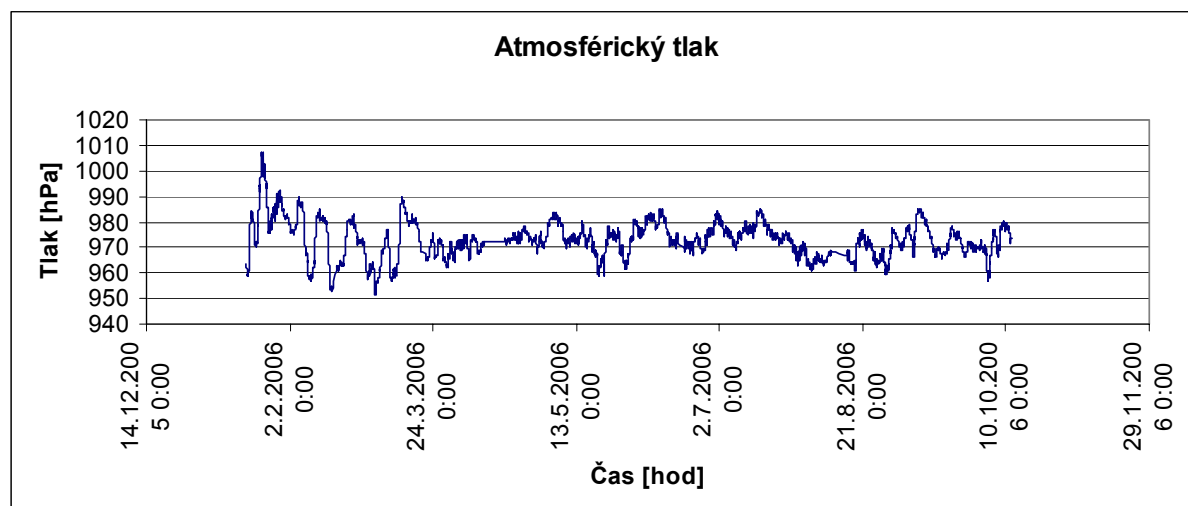
3.2.2. Měření směru větru



Graf č. 9: Četnost směru větru z měření laboratoře TUL za rok 2006. **Tab.10:** Četnost směru větrů za rok 2006

Měření směru větru ukázalo, že nejvíce foukal vítr JV směrem 48,78%, druhý nejčastější směr proudění větru je přesně z opačné strany ze SZ 24,4%. Bohužel je měření ovlivněno architekturou budovy (3.3.3).

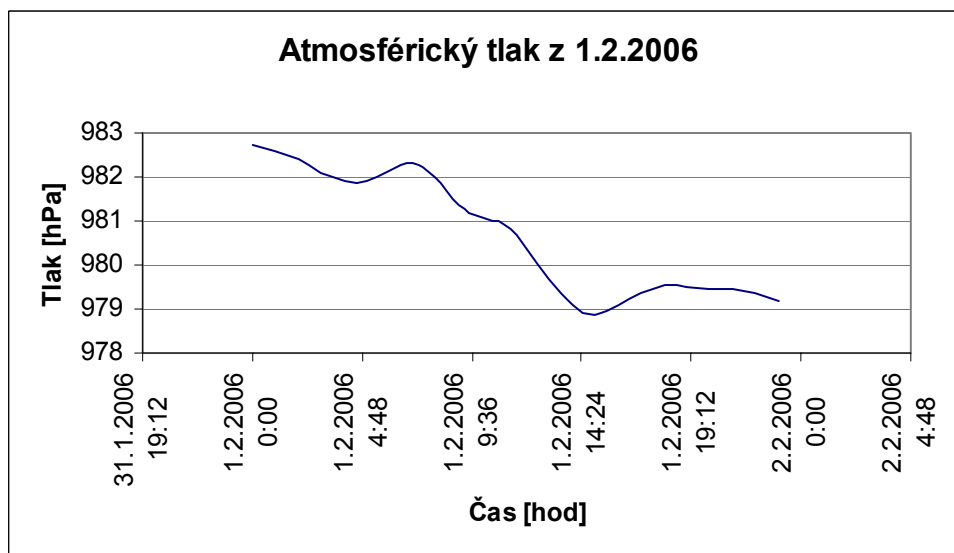
3.2.3. Měření atmosférického tlaku



Graf č. 10: Atmosférický tlak z měření laboratoře TUL za rok 2006.

Čas [hod]	Tlak [hPa]	Čas [hod]	Tlak [hPa]	Čas [hod]	Tlak [hPa]
1.2.2006 0:00	982,7404999	1.2.2006 8:00	981,995993	1.2.2006 16:00	979,0754974
1.2.2006 1:00	982,6024963	1.2.2006 9:00	981,3795013	1.2.2006 17:00	979,369986
1.2.2006 2:00	982,3934967	1.2.2006 10:00	981,1100037	1.2.2006 18:00	979,5269897
1.2.2006 3:00	982,0794983	1.2.2006 11:00	980,8880035	1.2.2006 19:00	979,4884857
1.2.2006 4:00	981,913501	1.2.2006 12:00	980,3460022	1.2.2006 20:00	979,4709869
1.2.2006 5:00	981,9119934	1.2.2006 13:00	979,6949921	1.2.2006 21:00	979,457489
1.2.2006 6:00	982,1389984	1.2.2006 14:00	979,075	1.2.2006 22:00	979,3579895
1.2.2006 7:00	982,3070068	1.2.2006 15:00	978,8800018	1.2.2006 23:00	979,1894897

Tab.11: Naměřená data atmosférického tlaku z 1.2.2006.



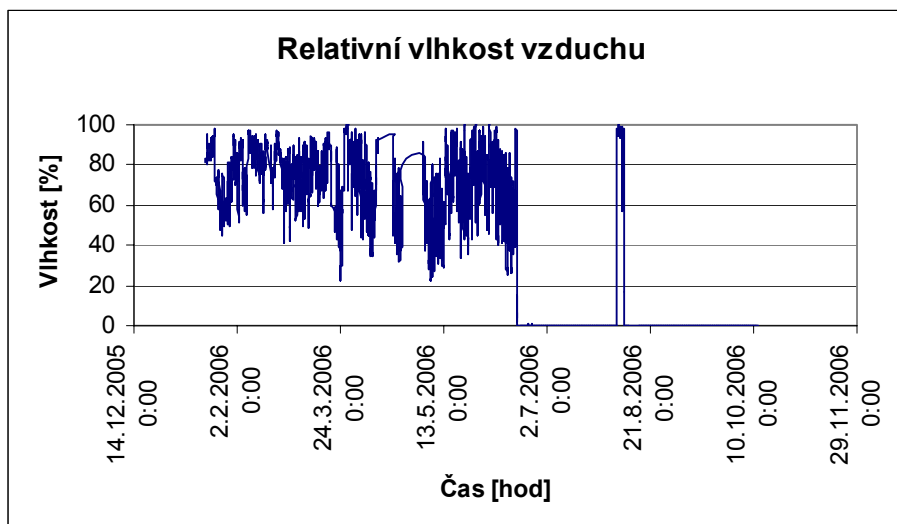
Graf č. 11: Atmosférický tlak z měření laboratoře TUL z 1.2.2006.

Měření atmosférického tlaku ukazuje, že hodnoty jsou srovnatelné s hodnotami celorepublikovými. Průměrná hodnota za celý rok je $P = 973,2 \text{ hPa}$. K nejvyšším výkyvům docházelo v období mezi únorem a březnem.

Naopak letní období se ukazovalo jako období s vyrovnanými tlakovými podmínkami.

3.2.4. Měření relativní vlhkosti vzduchu

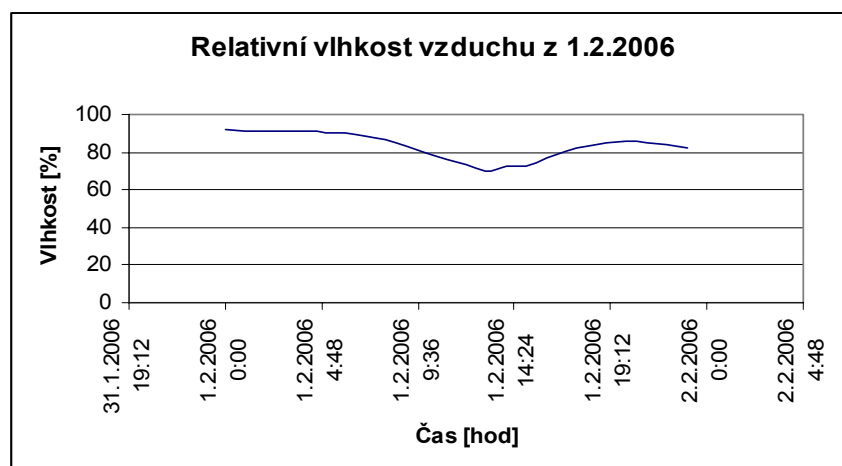
Z grafu relativní vlhkosti vzduchu ϕ je patrné, že čidlo pro měření vlhkosti se porouchalo na konci června. Data od 21.6. 2006 nejsou proto důvěryhodná. Kolísání hodnot relativní vlhkosti vzduchu je poměrně značné, rozhodující vliv na to mají aktuální meteorologické podmínky.



Graf č. 12: Relativní vlhkost vzduchu z měření laboratoře TUL za rok 2006.

Čas [hod]	Relativní vlhkost [%]	Čas [hod]	Relativní vlhkost [%]	Čas [hod]	Relativní vlhkost [%]
1.2.2006 0:00	91,81850014	1.2.2006 8:00	86,99249954	1.2.2006 16:00	76,64999962
1.2.2006 1:00	91,41249962	1.2.2006 9:00	83,02450027	1.2.2006 17:00	80,95649986
1.2.2006 2:00	91,32099953	1.2.2006 10:00	79,43950081	1.2.2006 18:00	83,46249962
1.2.2006 3:00	90,83800087	1.2.2006 11:00	76,2295002	1.2.2006 19:00	84,91049995
1.2.2006 4:00	90,86800003	1.2.2006 12:00	73,65349998	1.2.2006 20:00	85,62950096
1.2.2006 5:00	90,51199989	1.2.2006 13:00	69,87799988	1.2.2006 21:00	84,73849983
1.2.2006 6:00	90,1954998	1.2.2006 14:00	72,49500008	1.2.2006 22:00	84,48250046
1.2.2006 7:00	88,27599945	1.2.2006 15:00	72,58400002	1.2.2006 23:00	82,21900063

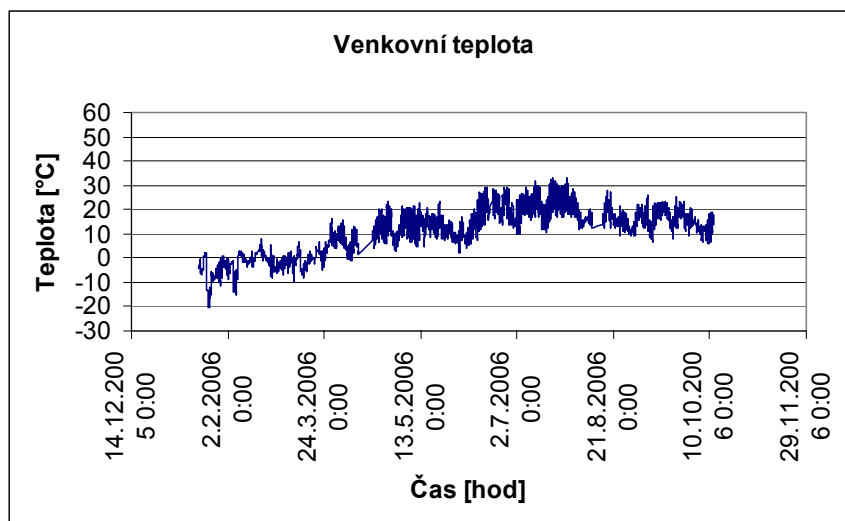
Tab.12: Naměřená data relativní vlhkosti vzduchu z 1.2.2006.



Graf č. 13: Relativní vlhkost vzduchu z měření laboratoře TUL z 1.2.2006.

3.2.5. Měření venkovní teploty

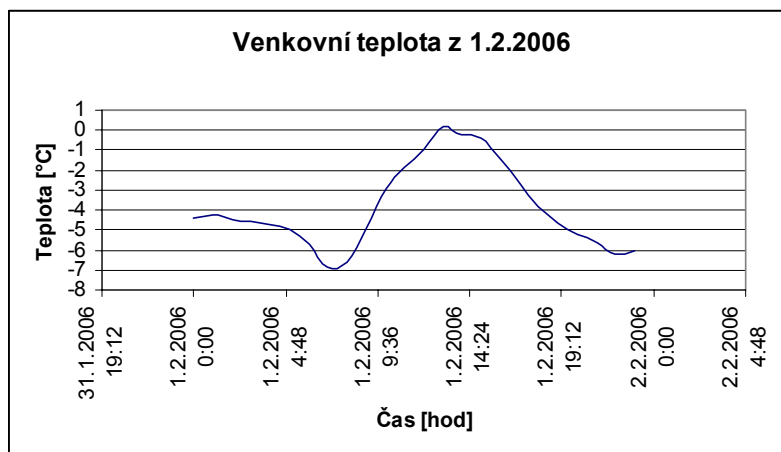
Venkovní teplota dosáhla svého minima 23.1. 2006 v 7:00 $T_{min} = -21,21\text{ }^{\circ}\text{C}$ a svého maxima 20.7. 2006 ve 14:00 $T_{max} = 33,7^{\circ}\text{C}$. Průměrná teplota za celý rok dosáhla této hodnoty: $T = 10,9^{\circ}\text{C}$. Dle meteorologů se jednalo zřejmě o jeden z nejteplejších roků v historii měření teploty vzduchu. Obzvláště v měsíci listopadu padaly denní teplotní rekordy. A celý podzim je dle britských odborníků šestým nejteplejším v historii měření (v Británii dokonce nejteplejší vůbec).



Graf č. 14: Venkovní teplota vzduchu z měření laboratoře TUL za rok 2006.

Čas [hod]	Teplota[°C]	Čas [hod]	Teplota[°C]	Čas [hod]	Teplota[°C]
1.2.2006 0:00	-4,365499949	1.2.2006 8:00	-6,637000012	1.2.2006 16:00	-1,444000006
1.2.2006 1:00	-4,200500035	1.2.2006 9:00	-4,904000008	1.2.2006 17:00	-2,675499988
1.2.2006 2:00	-4,467000031	1.2.2006 10:00	-2,951499987	1.2.2006 18:00	-3,831999981
1.2.2006 3:00	-4,575999951	1.2.2006 11:00	-1,849499995	1.2.2006 19:00	-4,644500041
1.2.2006 4:00	-4,692499971	1.2.2006 12:00	-0,964499993	1.2.2006 20:00	-5,180500007
1.2.2006 5:00	-4,956500053	1.2.2006 13:00	0,188499999	1.2.2006 21:00	-5,621499991
1.2.2006 6:00	-5,706500077	1.2.2006 14:00	-0,255999996	1.2.2006 22:00	-6,229999995
1.2.2006 7:00	-6,832500005	1.2.2006 15:00	-0,413	1.2.2006 23:00	-6,066000032

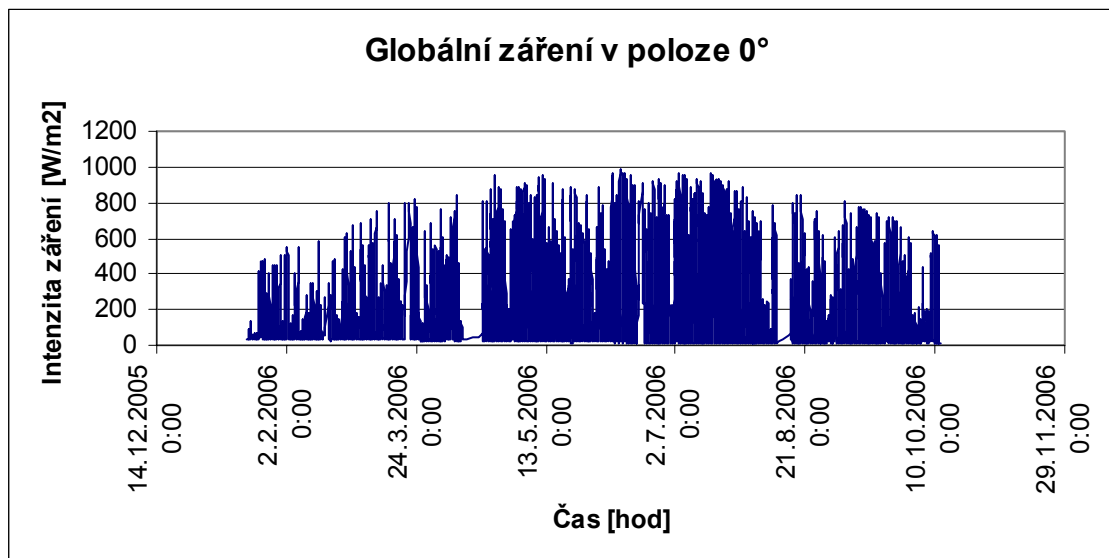
Tab.13: Naměřená data venkovní teploty vzduchu z 1.2.2006.



Graf č. 15: Venkovní teplota vzduchu z měření laboratoře TUL z 1.2. 2006.

3.2.6. Měření slunečního záření

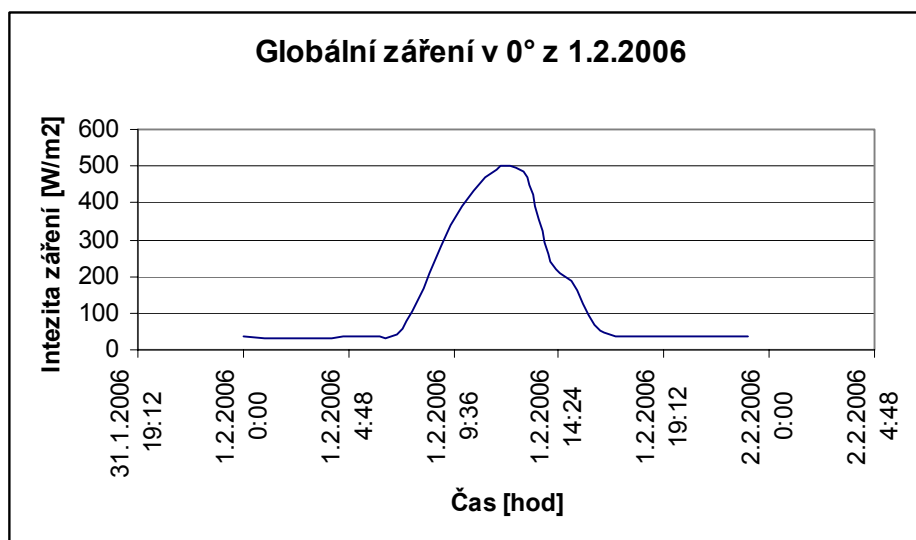
V poloze 0°



Graf č. 16: Globální záření v poloze 0° z měření laboratoře TUL za rok 2006.

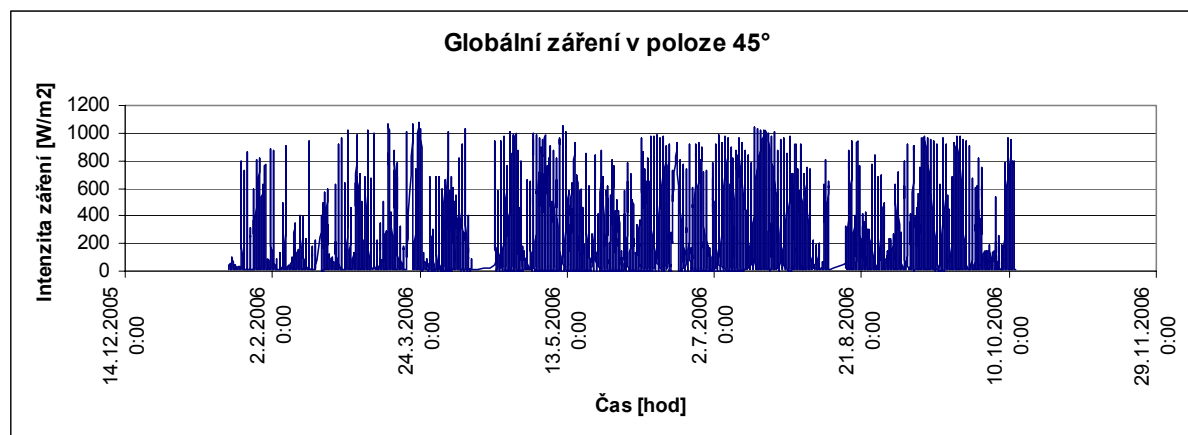
Čas [hod]	Int. záření [W/m²]	Čas [hod]	Int. záření [W/m²]	Čas [hod]	Int. záření [W/m²]
1.2.2006 0:00	34,04749985	1.2.2006 8:00	133,5485008	1.2.2006 16:00	69,76999931
1.2.2006 1:00	33,84299984	1.2.2006 9:00	283,137999	1.2.2006 17:00	33,94500027
1.2.2006 2:00	33,70700016	1.2.2006 10:00	390,349501	1.2.2006 18:00	34,21699982
1.2.2006 3:00	33,74250011	1.2.2006 11:00	468,7659943	1.2.2006 19:00	34,49500008
1.2.2006 4:00	33,8954998	1.2.2006 12:00	501,8135025	1.2.2006 20:00	34,90550041
1.2.2006 5:00	34,06949959	1.2.2006 13:00	471,0019974	1.2.2006 21:00	34,98549995
1.2.2006 6:00	34,53300037	1.2.2006 14:00	239,8834991	1.2.2006 22:00	35,13700008
1.2.2006 7:00	40,84350014	1.2.2006 15:00	190,2179985	1.2.2006 23:00	34,89300022

Tab.14: Naměřená data slunečního záření v 0° z 1.2.2006.



Graf č. 17: Globální záření v poloze 0° z měření laboratoře TUL z 1.2. 2006.

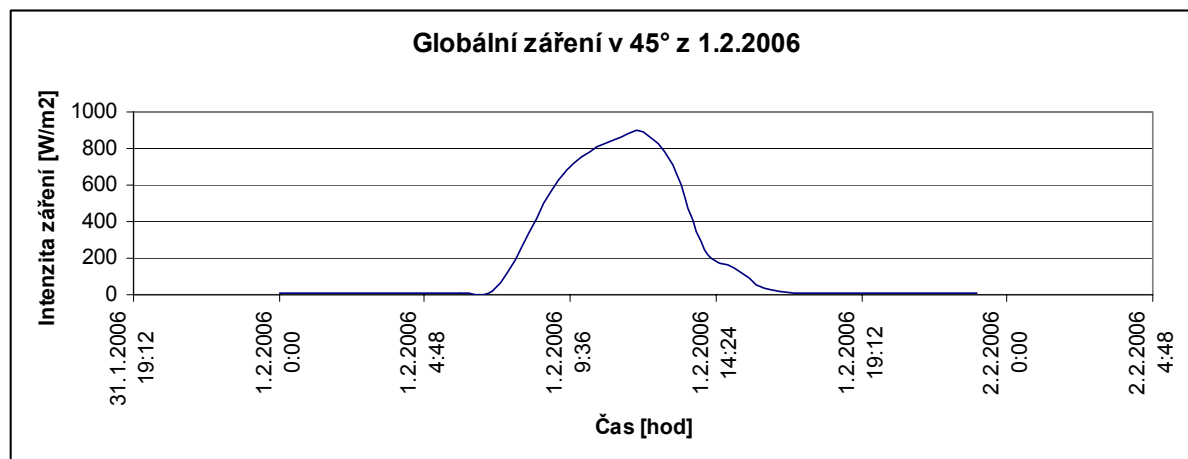
V poloze 45°



Graf č. 18: Globální záření v poloze 45° z měření laboratoře TUL za rok 2006.

Čas [hod]	Int. záření [W/m²]	Čas [hod]	Int. záření [W/m²]	Čas [hod]	Int. záření [W/m²]
1.2.2006 0:00	8,542999887	1.2.2006 8:00	261,6720009	1.2.2006 16:00	38,97000031
1.2.2006 1:00	8,10650003	1.2.2006 9:00	570,7784988	1.2.2006 17:00	7,946000004
1.2.2006 2:00	7,923500061	1.2.2006 10:00	758,5990051	1.2.2006 18:00	7,791500068
1.2.2006 3:00	7,892000103	1.2.2006 11:00	844,689502	1.2.2006 19:00	7,967500019
1.2.2006 4:00	7,978500009	1.2.2006 12:00	888,9804993	1.2.2006 20:00	7,978999996
1.2.2006 5:00	7,885499978	1.2.2006 13:00	713,088501	1.2.2006 21:00	8,30800004
1.2.2006 6:00	8,050999951	1.2.2006 14:00	242,3040024	1.2.2006 22:00	8,402999973
1.2.2006 7:00	16,91550026	1.2.2006 15:00	140,9719997	1.2.2006 23:00	8,238499975

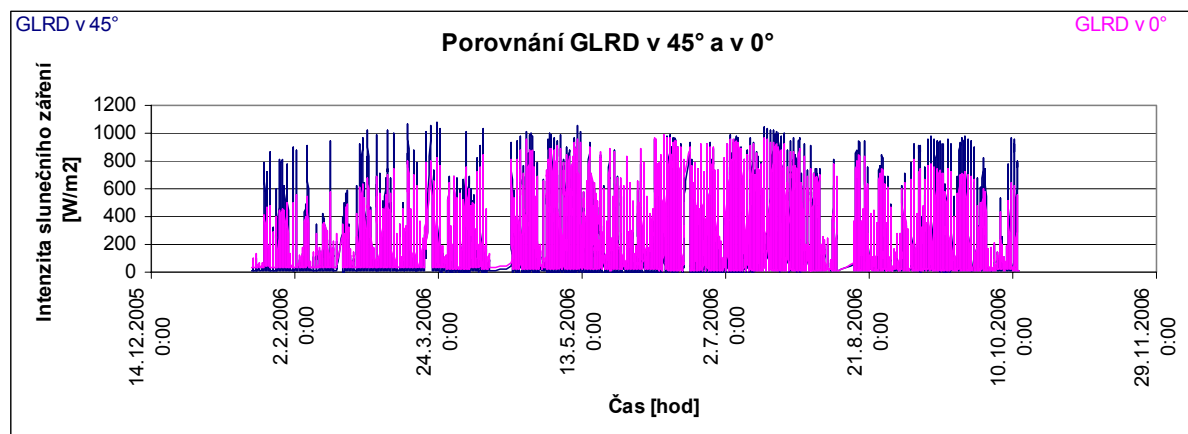
Tab.15: Naměřená data slunečního záření v 45° z 1.2.2006.



Graf č. 19: Globální záření v poloze 45° z měření laboratoře TUL z 1.2. 2006.

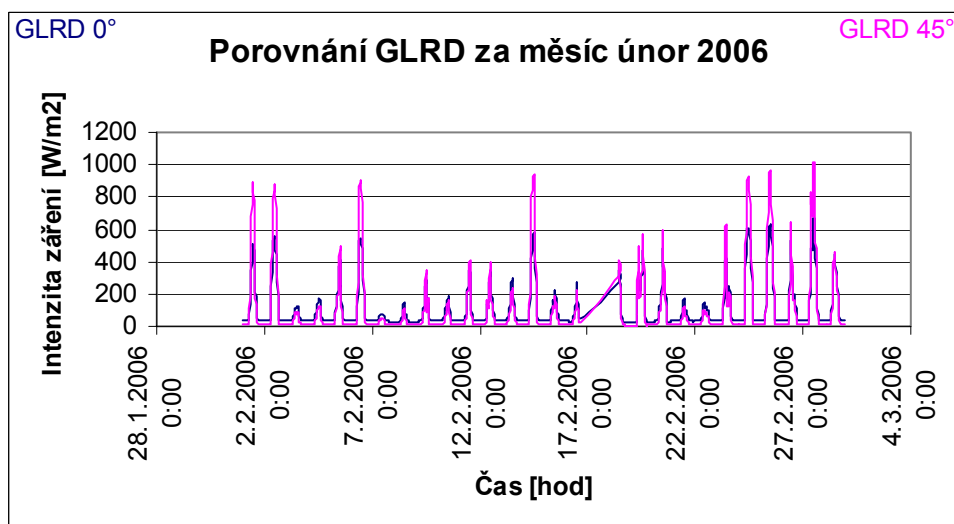
Na grafech globálního slunečního záření ve vodorovné poloze (0°) a v poloze pod úhlem 45° je vidět, že v období od 11.4.2006 4:00 do 18.4.2006 7:00 a od 10.8.2006 3:00 do 15.8.2006 12:00 došlo k poruchám měření. Důvodem bylo, že počítač byl vypnut. To bylo zřejmě zaviněno dlouhodobějším výpadkem proudu. Dalším problémem jsou nenulové hodnoty v noční době. To je zapříčiněno zdrojem světla z veřejného osvětlení.

Velice zajímavé je porovnání GLRD v 0° a 45° . Porovnání potvrzuje teorii o výtěžnosti sluneční energie v závislosti na naklonění a orientaci solárního kolektoru. Více slunečního záření bylo přijato pyranometrem pod úhlem 45° . V letním období jsou hodnoty intenzity ozařování srovnatelné, ale v období jara a podzimu se jednoznačně projevuje to, že kolektor umístěný pod úhlem 45° bude získávat mnohem více slunečního záření, než kolektor ležící horizontálně v 0° .



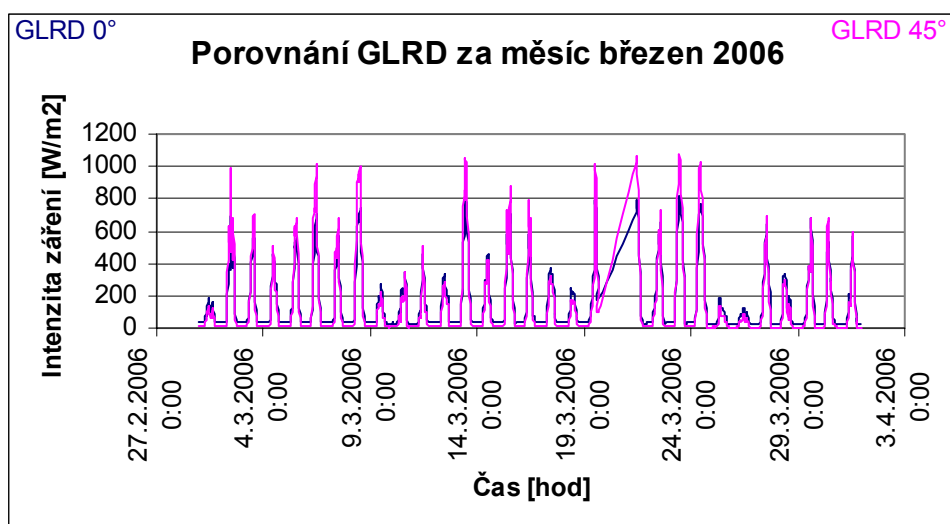
Graf č. 20: Porovnání GLRD v 45° a v 0° z měření laboratoře TUL za rok 2006.

Porovnání GLRD v 45° a v 0° v jednotlivých měsících je provedeno pouze pro měsíce únor až září z důvodu kompletnosti dat.

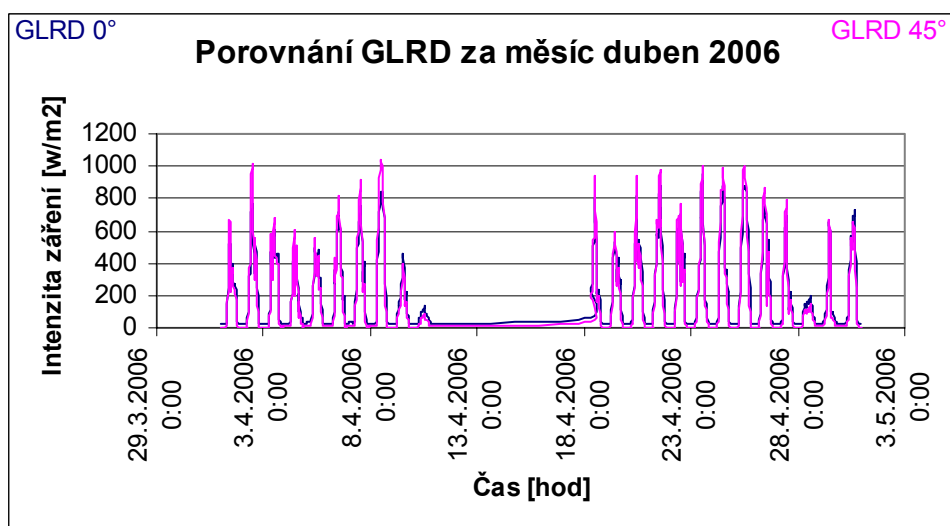


Graf č. 21: Porovnání GLRD v 45° a v 0° z měření laboratoře TUL v měsíci únoru.

Porovnání intenzity záření v měsíci únoru ukazuje za jasných dní až dvojnásobný rozdíl mezi uložením pyranometru v 45° a v 0° . V měsících prosinci a lednu by byly rozdíly jistě ještě o něco větší.

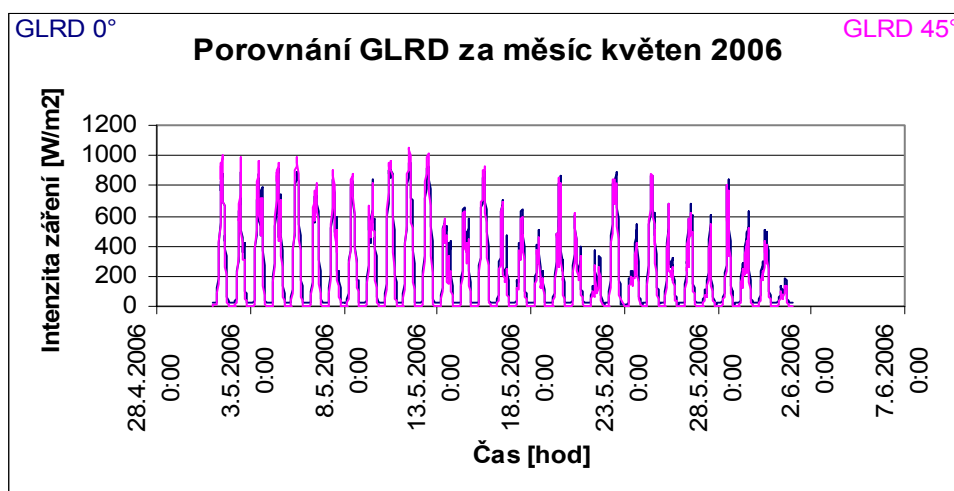


Graf č. 22: Porovnání GLRD v 45° a v 0° z měření laboratoře TUL v měsíci březnu.

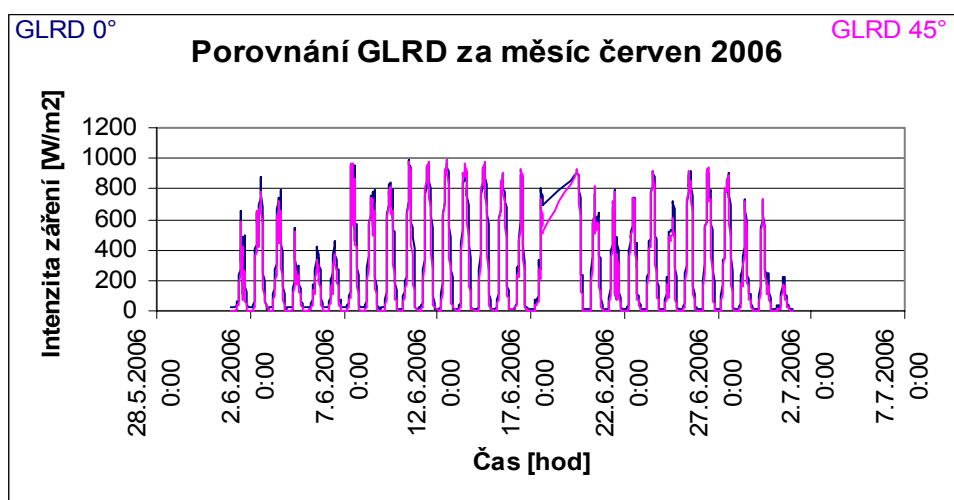


Graf č. 23: Porovnání GLRD v 45° a v 0° z měření laboratoře TUL v měsíci dubnu.

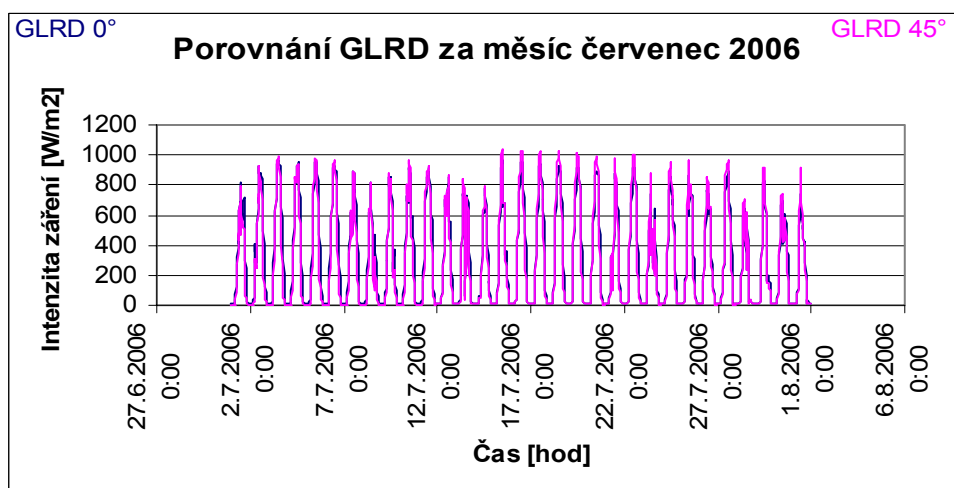
V měsících březnu a dubnu se hodnoty intenzity záření začínají vyrovnávat, rozdíly již nejsou tak markantní. Důvodem je dráha slunce, které se ve své denní „pouti“ dostává na obloze čím dál tím výše. Přechází od obratníku Kozoroha směrem k rovníku (den rovnodennosti 21.3.).



Graf č. 24: Porovnání GLRD v 45° a v 0° z měření laboratoře TUL v měsíci květnu.



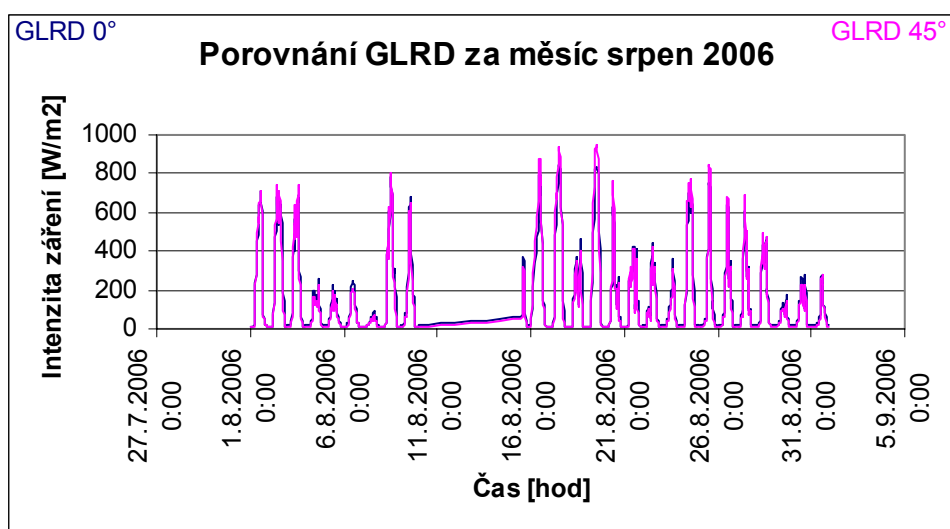
Graf č. 25: Porovnání GLRD v 45° a v 0° z měření laboratoře TUL v měsíci červnu.



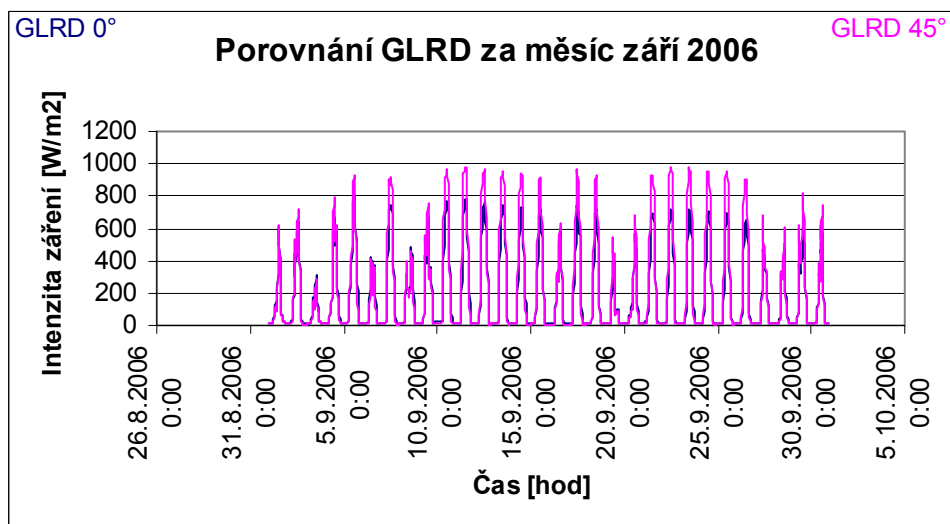
Graf č. 26: Porovnání GLRD v 45° a v 0° z měření laboratoře TUL v měsíci červenci.

V období května, června a července se hodnoty naměřené v poloze 0° maximálně přiblížily k hodnotám naměřeným v 45°. Je to proto, že slunce dosáhlo ve svém ročním cyklu

nejvyššího místa na obloze (letní slunovrat 21.6. – slunce se nachází nad obratníkem Raka). V tuto dobu je slunce přibližně 63° - 64° nad obzorem. Z jednoduché úvahy lze dojít k závěru, že intenzita záření měřená v 0° nemůže nikdy v našich zeměpisných podmínkách dosáhnout vyšší hodnoty, než intenzita záření měřená v 45° , protože rozdíl 90° - $64^{\circ} = 26^{\circ}$ pro polohu rovnoběžnou se zemským povrchem a 64° - $45^{\circ} = 19^{\circ}$ je pro polohu skloněnou o 45° vůči zemskému povrchu. Je samozřejmé, že maximálních hodnot dosáhneme při záření dopadajícím kolmo na osvětčovanou plochu.



Graf č. 27: Porovnání GLRD v 45° a v 0° z měření laboratoře TUL v měsíci srpnu.



Graf č. 28: Porovnání GLRD v 45° a v 0° z měření laboratoře TUL v měsíci září.

V měsících srpnu a září dochází opět k prohlubování rozdílů mezi zářením v 0° a v 45° . 23.9. nastává podzimní rovnodennost a slunce opět přechází přes rovník směrem k obratníku Kozoroha.

3.2. Ověření důvěryhodnosti dat

3.3.1. Ověření dat pomocí přístrojů TUL

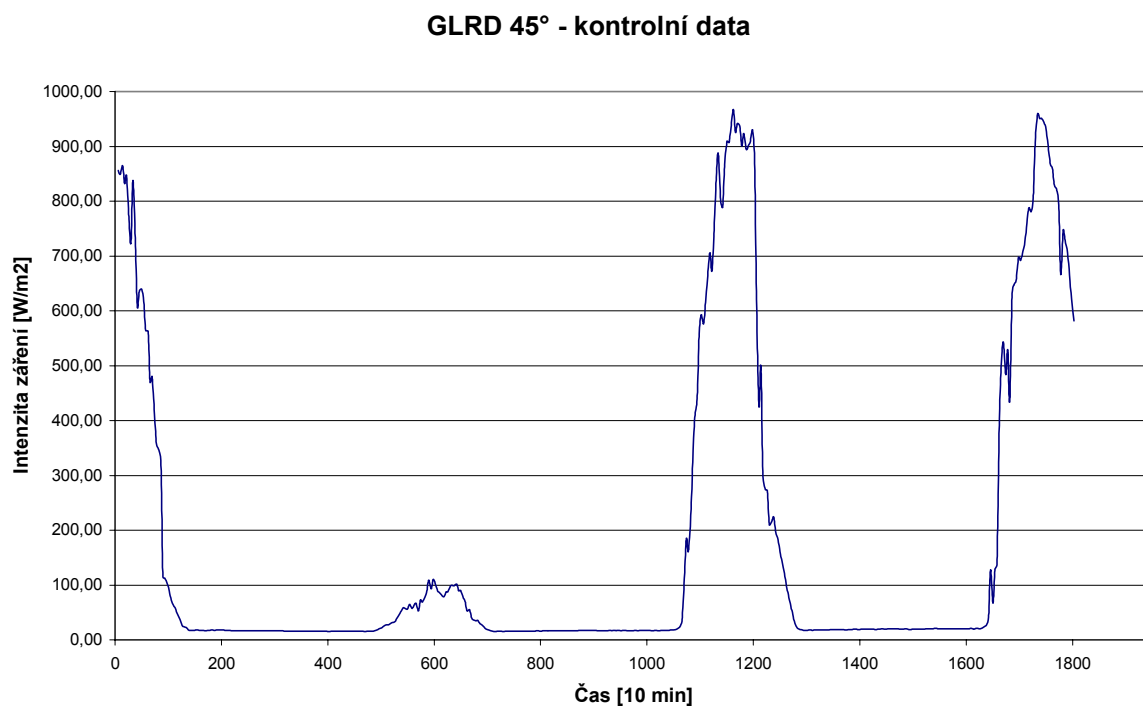


S ověřováním důvěryhodnosti dat mi pomohl pan Bohumil Odstrčil (technický pracovník TUL). K ověření jsme použili přístroj Almemo 2290 – 8 od firmy Ahlborn. Zabývali jsme se ověřením těchto dat: Globální záření v 45°, vlhkost a teplota vzduchu. Protože má kontrolní přístroj malou paměťovou kapacitu (pro 100 000 hodnot), která se zaplnila po 4 dnech měření, tak jsou výsledná data porovnána s třiminutovou databází. Kontrolní data se ukládala jako desetiminutové průměry. Kontrolní měření bylo provedeno v období od 30.1.2006 12:00 do 2.2.2006 14:30.

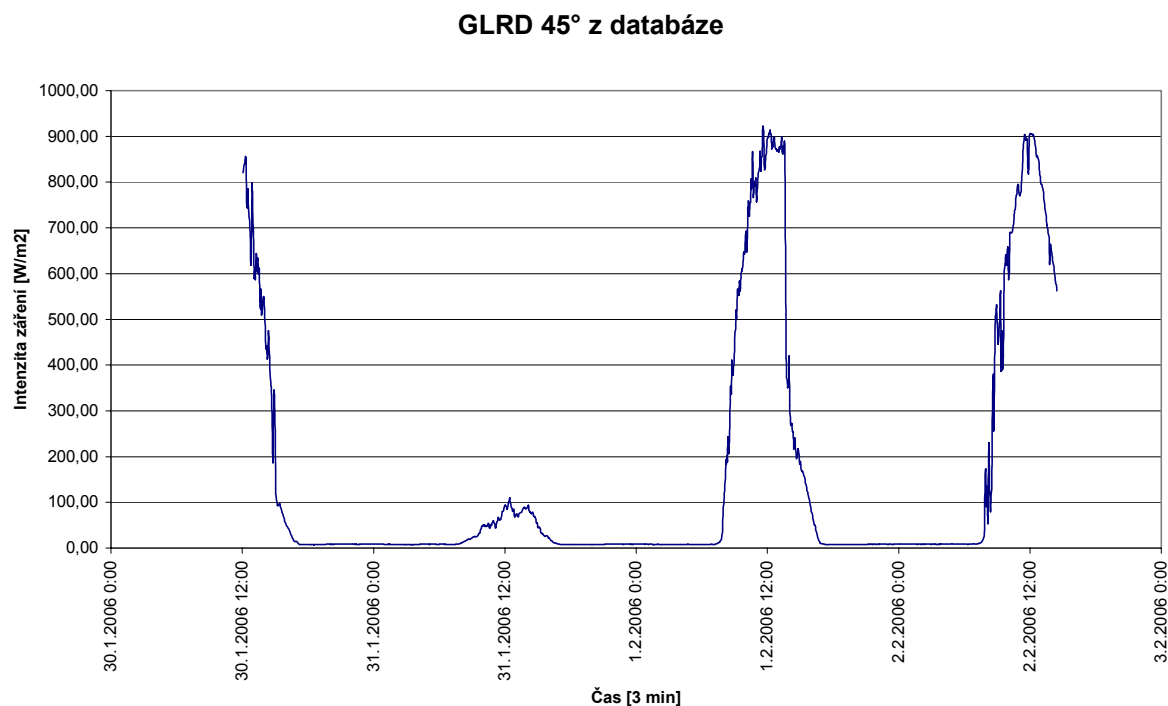
Obrázek č. 41: Almemo 2290 – 8.

Porovnávaná data jsou na přiloženém cd, zde jsou uvedeny pouze grafy pro porovnání výsledků měření.

Globální záření v 45°

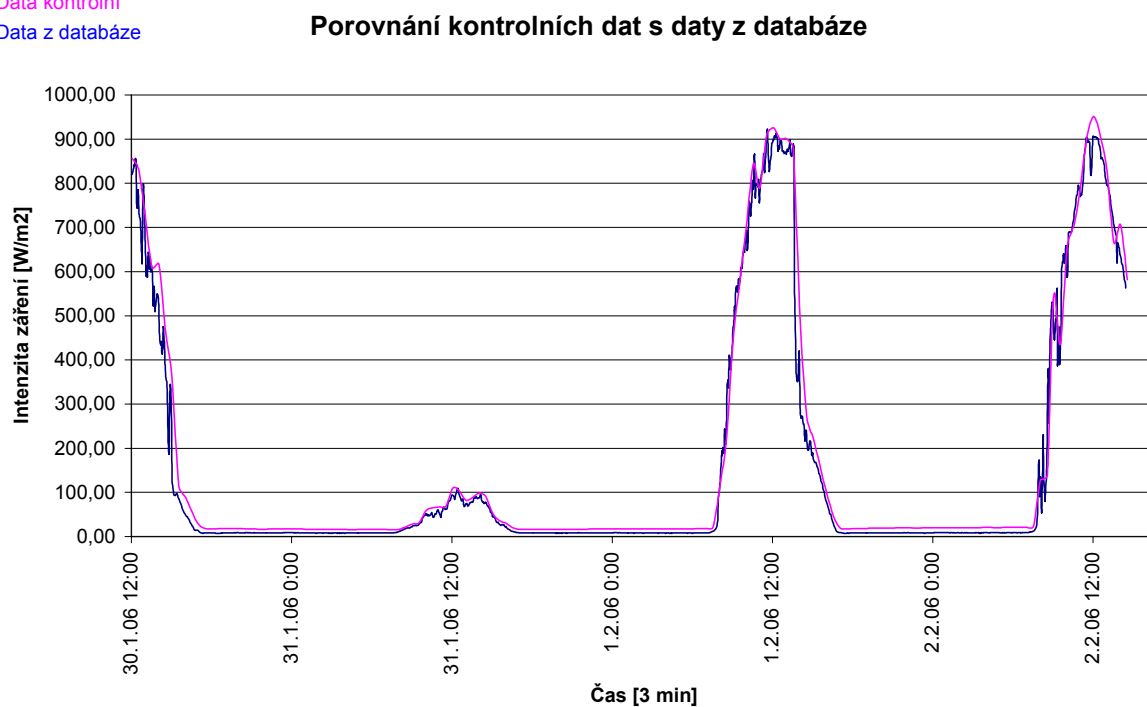


Graf č. 29: Kontrolní data globálního záření v poloze 45°.



Graf č. 30: Data globálního záření v poloze 45° z laboratoře TUL.

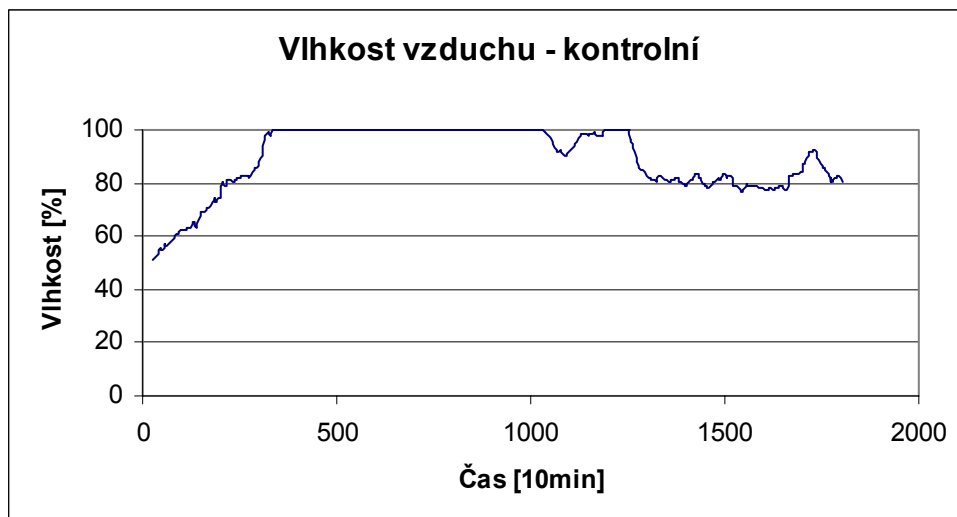
Data kontrolní
Data z databáze



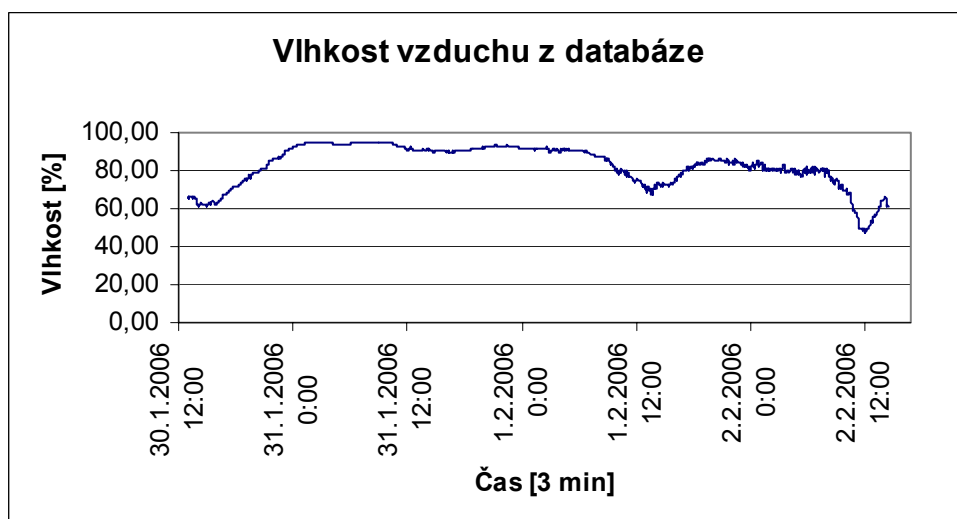
Graf č. 31: Porovnání kontrolních dat s daty z databáze TUL.

Porovnání kontrolních dat s daty z databáze ukázalo, že naměřená data se téměř shodují, popřípadě, že odchylky měření jsou minimální a jsou v rámci tolerance.

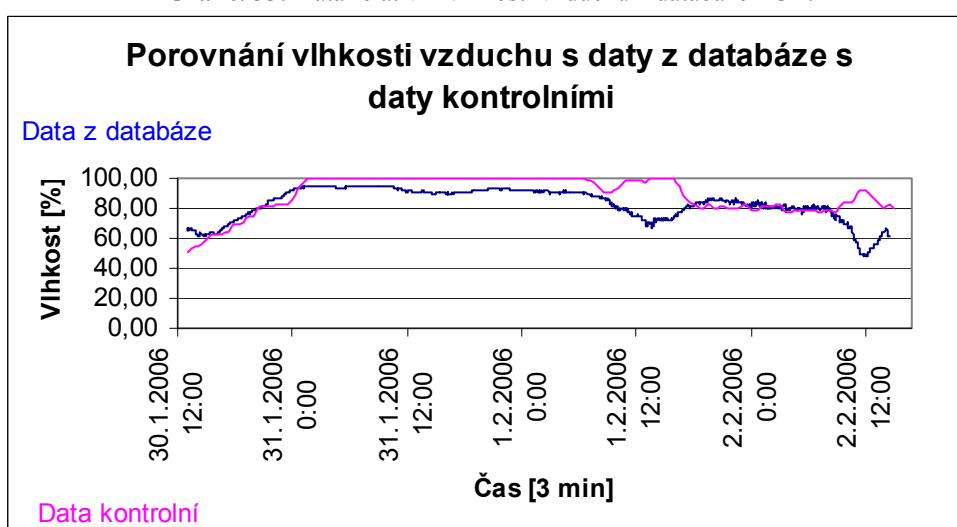
Vlhkost vzduchu



Graf č. 32: Kontrolní data relativní vlhkosti vzduchu.



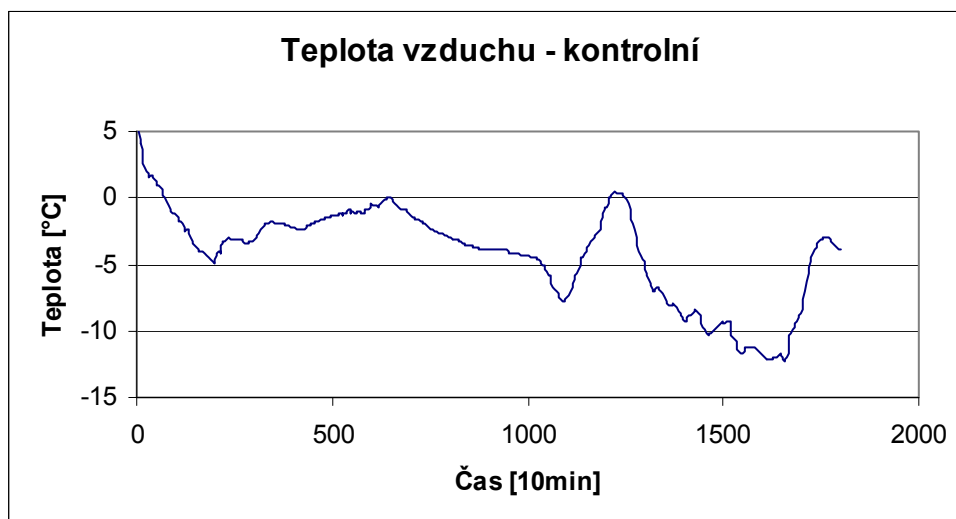
Graf č. 33: Data relativní vlhkosti vzduchu z databáze TUL.



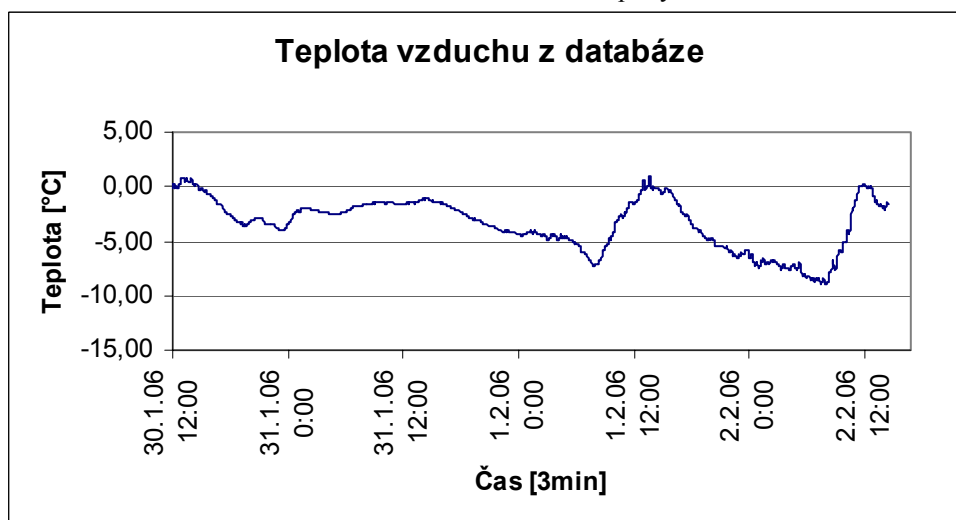
Graf č. 34: Porovnání dat relativní vlhkosti vzduchu z databáze s daty kontrolními.

Porovnáním kontrolních dat vlhkosti vzduchu s daty z databáze bylo zjištěno, že naměřená data vykazují velké rozdíly. Chyba měření byla spíše na straně kontrolního měřidla. Čidlo měření bylo umístěné níže, než čidlo laboratorní, téměř na povrchu střechy a zakryté kbelíkem, aby bylo ochráněno před sněhem. Bylo to z důvodu nedostatečné délky kabelů a současnosti tří kontrolních měření. Tento problém se ostatně projevil i u porovnání teplot.

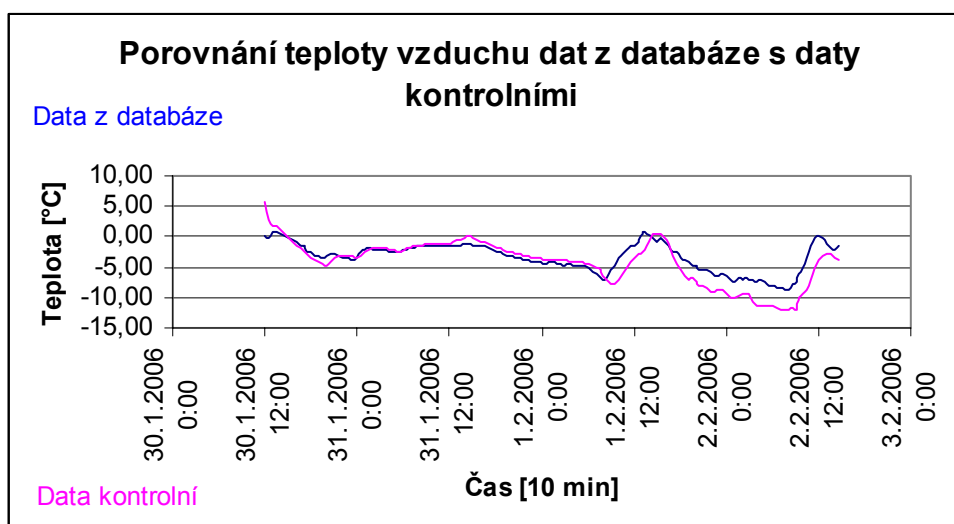
Teplota vzduchu



Graf č. 35: Kontrolní data venkovní teploty vzduchu.



Graf č. 36: Data venkovní teploty vzduchu z laboratoře TUL.

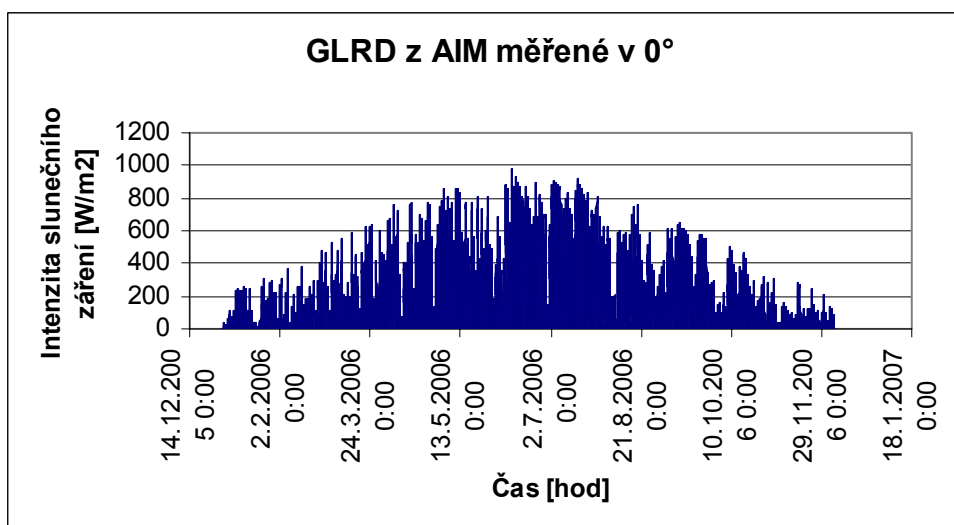


Graf č. 37: Porovnání dat venkovní teploty vzduchu z databáze s daty kontrolními.

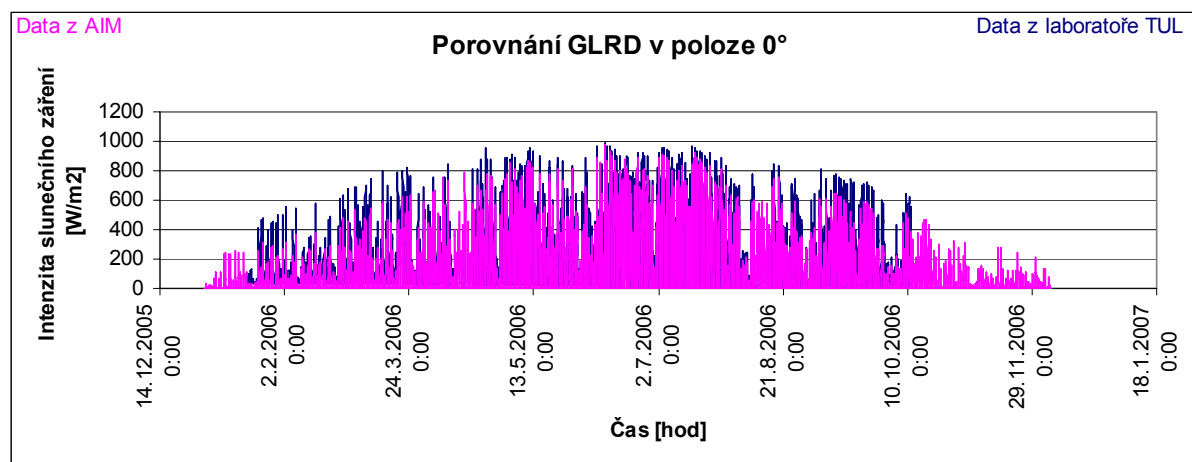
Při porovnání teplot vzduchu došlo také k odchylkám v měření. V první části kontrolního měření jsou odchylky v rámci tolerance $\pm 0,5^\circ\text{C}$. 31.1.2006 celý den sněžilo a 1.2.2006 byl slunečný den (to lze zjistit z grafu slunečního záření). Zřejmě došlo k tání sněhu v okolí měření a k čidlu se dostala vlhkost. Ta potom velice ovlivnila druhou část měření.

3.3.2. Ověření důvěryhodnosti dat pro GLRD v 0° pomocí měření z AIM (lokalita Liberec – budova Chráňky)

Z Českého hydrometeorologického ústavu z Ústí nad Labem - Kočkov mi byla poskytnuta data pro rok 2006 z měření GLRD ve vodorovné poloze (0°). Data byla zaslána ve formátu *.xls. Zprostředkování zařídil pan Ing. Miroslav Bitter. Tato data byla ukládána 1x/5s, z těchto dat se spočítal 1 hodinový průměr. Kompletní data jsou na příloženém cd.



Graf č. 38: GLRD z AIM naměřené v poloze 0° v lokalitě Liberec v roce 2006.



Graf č. 39: Porovnání dat globálního záření AIM s daty laboratoře TUL za rok 2006.

Při porovnávání dat z naší laboratoře s daty získanými z měření AIM ze stanice Liberec se ukázalo, že dochází poměrně často k výrazným výchyilkám. Komplexně vzato, tak obě dvě měření zachycují jasné i zamračené dny stejně. Dochází pouze k výchyilkám ve velikosti hodnot intenzity slunečního záření. Důvodů rozdílnosti velikosti dat může být mnoho. V měřicí technice by mělo docházet k minimálním odchylkám, každé měření je prováděno stejným pyranometrem (RS 81). Možné chyby mohou vzniknout jinou nadmořskou výškou (rozdíl cca 50 metrů), umístěním měřicího zařízení AIM ve více znečištěné oblasti (střed města => výfukové plyny, exhalace z vytápění budov,...) a také tím, že vzdálenost mezi dvěma měřeními je cca 0,5 km vzdušnou čarou. Může se to zdát nepatrné, ale i taková vzdálenost může mít vliv na shodnost měření.

Dle těchto úvah pak lze správně usuzovat, že data naměřená ve stanici AIM by měla dosahovat nižších hodnot, než data naměřené v laboratoři TUL. (Tento problém se ostatně také vyskytl při zpracovávání dat z AIM v Pardubicích, data jsou tam měřena na dvou místech: Pardubice – Dukla a Pardubice – Rosice, také zde docházelo k poměrně velkým diferencím a přitom vzdálenost obou měřicích lokalit je < 1 km.)

3.3.3. Porovnání směru větru pomocí dat z ČHMÚ a z AIM

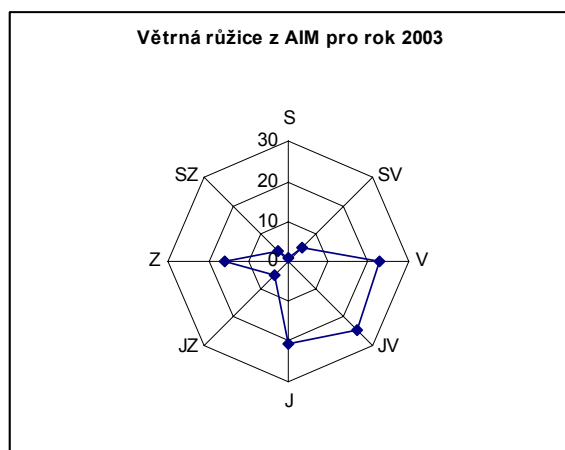
Porovnávat dvě měřicí místa dle rychlosti a směru větru lze dle mého názoru pouze z dlouhodobého měření. Na každém místě jsou jiné podmínky (zástavba, stromy,...).



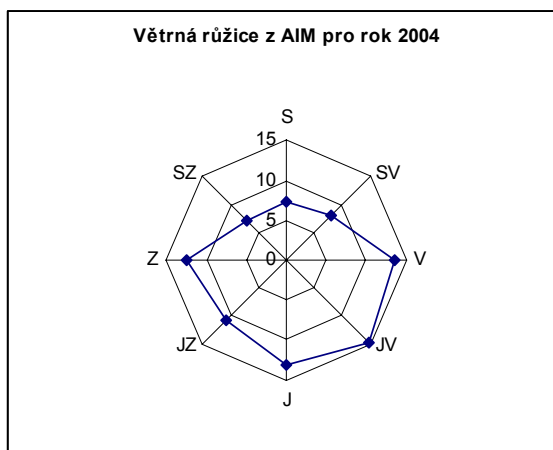
Například na stožár TUL může mít podstatný vliv jeho nedostatečná výška. Ke zkreslení měření dle mého názoru dochází z JZ směru, kde je architektonický prvek střechy, který tlumí vítr z tohoto směru.

Obrázek č. 42: Pohled na umístění stožáru na budově TUL.

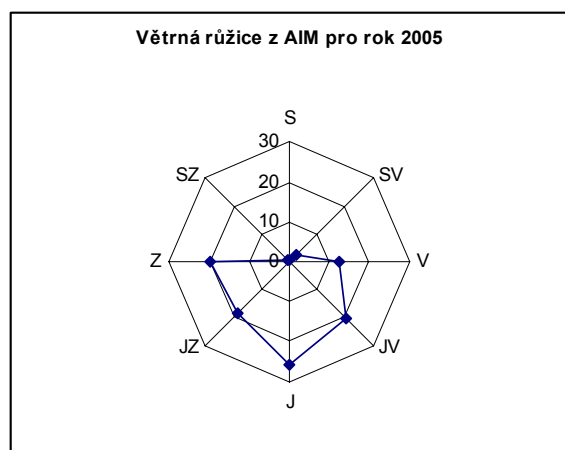
Zde jsou vyhodnocena data z AIM z období 2003 – 2005 a z ČHMÚ z Ústí nad Labem ukázka větrné růžice pro lokalitu Ještěd. Průměr je vypočítán z období 1980 – 2004.



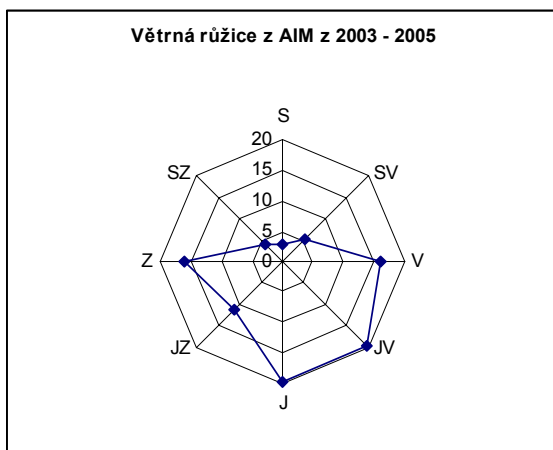
Graf č. 40: Větrná růžice z AIM pro rok 2003



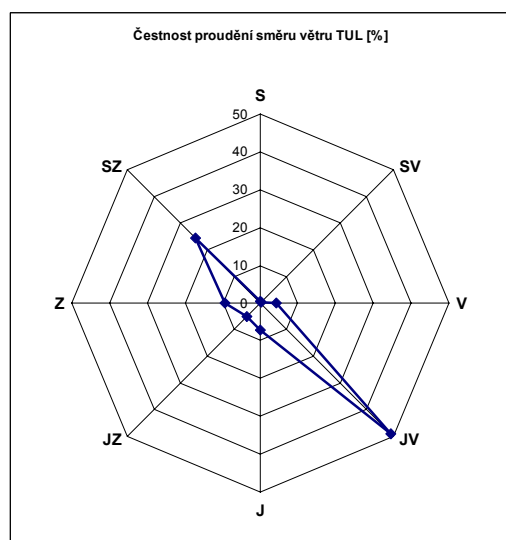
Graf č. 41: Větrná růžice z AIM pro rok 2004



Graf č. 42: Větrná růžice z AIM pro rok 2005



Graf č. 43: Větrná růžice z AIM z období 2003 - 2005



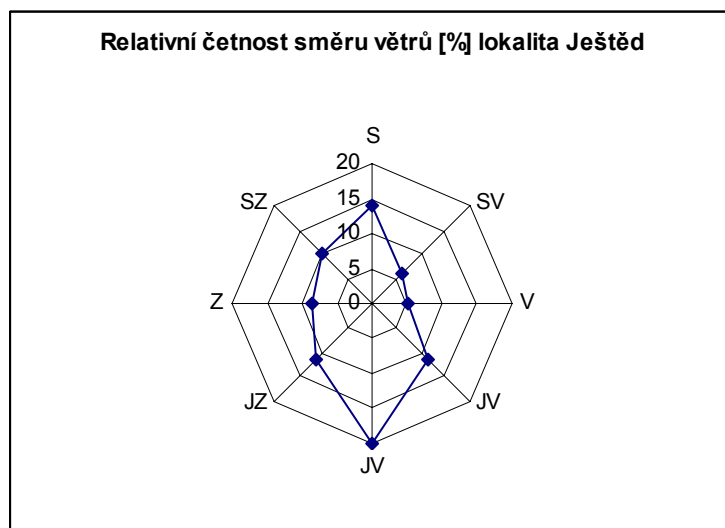
Graf č. 44: Větrná růžice z laboratoře TUL pro rok 2006

Tabulka směru větrů z AIM za období 2003-2005				
	2003	2004	2005	Průměr
S	0,99	7,38	0,37	2,913333
SV	4,92	7,92	2,58	5,14
V	22,69	13,43	12,32	16,14667
JV	24,11	14,65	20,25	19,67
J	20,38	13,16	25,56	19,7
JZ	4,57	10,53	18,31	11,13667
Z	15,82	12,34	19,66	15,94
SZ	3,77	6,96	0,82	3,85
Bezvětrí	2,78	13,64	0,14	5,52
Součet	100	100	100	100

Tab.16: Směry větru v období 2003 -2005 z AIM.

Lokalita Ještěd:

Zde jsou data z Českého hydrometeorologického ústavu z Ústí nad Labem v podobě větrné růžice, která ukazuje nejčastější směry větrů, vanoucích v okolí vysílače.



S	13,9
SV	6,1
V	5,2
JV	11,3
JV	19,9
JZ	11,3
Z	8,7
SZ	10,4
Bezvětří	13,2
Součet	100

Graf č. 45: Větrná růžice z lokality Ještěd**Tab.17:** Relativní četnost směru větru na Ještědu.

Porovnáním jednotlivých lokalit jsem dospěl k názoru, že měření v laboratoři TUL je zřejmě značně zkresleno. Největší vliv na to má dle mého názoru již zmiňovaná nedostatečná výška meteorologického stožáru, která nedokáže zabránit velkému vlivu střešní architektury na měření. Další podstatný vliv je opět v geografickém umístění. Zřejmě nelze vůbec porovnávat lokalitu Ještěd s lokalitami laboratoře TUL a AIM v Liberci. Ještěd, nejvyšší bod v kraji, by neměl být ničím ovlivněn. Proudění větru by mělo být bez jakýchkoliv místních omezení. Kdežto naopak stanice AIM, umístěná ve středu města, je ze všech stran omezována vysokými budovami. Nebýt v naší laboratoři problém s větrným stíněním střechy, tak si myslím, že by výsledky měření směrů větru mohly být zajímavé a snad i porovnatelné s lokalitou Ještěd.

4. Vyhodnocení experimentálního měření a shromáždění dostupných dat z dalších lokalit ČR

Vyhodnocení experimentálního měření v laboratoři TUL bylo již provedeno v předchozí kapitole. Zde se bude řešit vyhodnocení naměřených dat z AIM. Důraz je kladen na vyhodnocení dat GLRD, která jsou pro mou diplomovou práci nejdůležitější.

Shromáždění dat z území České republiky mi činilo nemalé problémy. Nejprve jsem se obrátil na Český hydrometeorologický ústav, zda by nebylo možné získat od nich požadovaná data globálního slunečního záření, ale narazil jsem z jejich strany na neochotu požadovaná data poskytnout. Velký problém byl v tom, že ČHMÚ vytváří atlas veškerých klimatologických měření. Pracovníci ČHMÚ byli ochotni data pouze prodat. V literatuře a na internetu jsem objevil pouze pár měření, ze kterých by se nedala mapa globálního slunečního záření vytvořit z důvodu řídké sítě dat. Naštěstí existuje síť stanic, AIM – automatizovaný imisní monitoring (<http://www.chmi.cz/uoco/act/aim/index.html>), která se zabývá měřením čistoty ovzduší a je pod záštitou ČHMÚ. Jako podružné měření se provádí i měření dopadajícího globálního záření v rovnoběžné poloze se zemským povrchem (0°). Na území České republiky pracuje celkem 97 stanic AIM, provozovaných ČHMÚ. Kromě nich jsou do informačního systému zahrnuty i výsledky měření na stanicích dalších organizací, ale ne všechny se měřením GLRD zabývají.

4.1. Shromážděná data

Všechna doprovodná meteorologická data GLRD jsou ukládána stejně jako data čistoty ovzduší, tj. $1 \times 5 \text{ s}$ a z těchto dat se počítá 1 hodinový případně 10 minutový průměr. Pro svoji další práci jsem vycházel z hodinových průměrů. Jak jsem zjistil, tak zálohování těchto dat se provádí do dvou databází:

- a) Databáze 10-ti minutová, která se v místě měření archivuje po dobu 100 dní
- b) Databáze 60-ti minutová (hodinová), která se v místě měření archivuje po dobu 400 dní.

Data, s kterými dále pracuji, byla získána z těchto míst (**tab.18**) a jsou nahrána na přiloženém cd:

Karlovarský kraj	Cheb, Karlovy Vary, Sokolov, Stráž nad Ohří
Ústecký kraj	Děčín, Chomutov, Krupka, Litoměřice, Most, Ústí n/L, Valdek
Liberecký kraj	Česká Lípa, Frýdlant, Liberec, Souš
Královéhradecký kraj	Hradec králové, Krkonoše-Rýchory, Šerlich
Středočeský kraj	Beroun, Kladno, Ondřejov
Plzeňský kraj	Plzeň - Doubravka
Jihočeský kraj	Hojná voda, Prachovice
Vysočina	Jihlava
Pardubický kraj	Pardubice - Rosice
Olomoucký kraj	Jeseník, Prostějov
Jihomoravský kraj	Brno – Kroftová, Mikulov
Zlínský kraj	Štítná nad Vláří, Zlín
Moravskoslezský kraj	Bílý Kříž, Karviná, Ostrava - Fifejdy

Tab.18: Seznam měst, ze kterých jsou data použita pro tvorbu map.

Na příloženém cd jsou ještě uložena data pomocná, která jsem použil pro porovnání s daty z AIM a data přímo z GISového programu ArcView, která jsou podkladem mé práce při tvorbě map.

4.2. Tvorba map

Na internetových stránkách

(http://www.chmi.cz/uoco/isko/tab_roc/2003_enh/cze/index.html

,
http://www.chmi.cz/uoco/isko/tab_roc/2004_enh/cze/index.html) jsou data, ze kterých jsem vycházel. Pro samotnou tvorbu map jsem zvolil 35 hlavních stanic zabývajících se měřením GLRD, které jsou dle mého názoru nejlépe rozmístěny na území ČR. Hodnoty jsou uvedeny jako 24 hodinové průměry. Problémem bylo, že data nebyla ze všech stanic kompletní, proto jsem pro tvorbu mapy vycházel pouze z hodnot, kterých bylo naměřeno během jednoho měsíce více jak v 70-ti procentním zastoupení..

Roční mapa je v kWh/m² za rok a je vytvořena z průměrných hodnot, které byly získány:

1. Zprůměrnováním tabelárních hodnot z let 2003 a 2004
2. Vytvořením průměrné hodnoty GLRD pro daný měsíc (součet hodnot/počtu měřených hodnot za daný měsíc)
3. Průměrná hodnota vynásobena počtem dní v měsíci
4. Převod na kWh/m² - z těchto hodnot jsou vytvořeny měsíční mapy dopadajícího globálního slunečního záření
5. Součtem měsíčních hodnot vznikla požadovaná roční mapa dopadajícího globálního slunečního záření.

Převod dat do grafické podoby byl vytvořen pomocí programu Arcview ve spolupráci s katedrou geografie TUL s pomocí Mgr. Jiřího Šmídy. Programy skupiny GIS nepodporují formát *.xls a tak musela být vytvořena databáze nová pro další zpracování dat. Do této databáze jsou použita stejná data, která jsou na přiloženém cd. Další překážka vznikla z důvodu nerovnoměrného pokrytí dat na území ČR. Nejvíce stanic, zabývajících se měřením GLRD v rámci AIM, je na území severních Čech. Zbytek ČR je většinou pokryt pouze z velkých měst. Proto bylo velice důležité zvolit správnou matematickou metodu pro spojení dat v síť, ze které se dále vytvářely mapy.

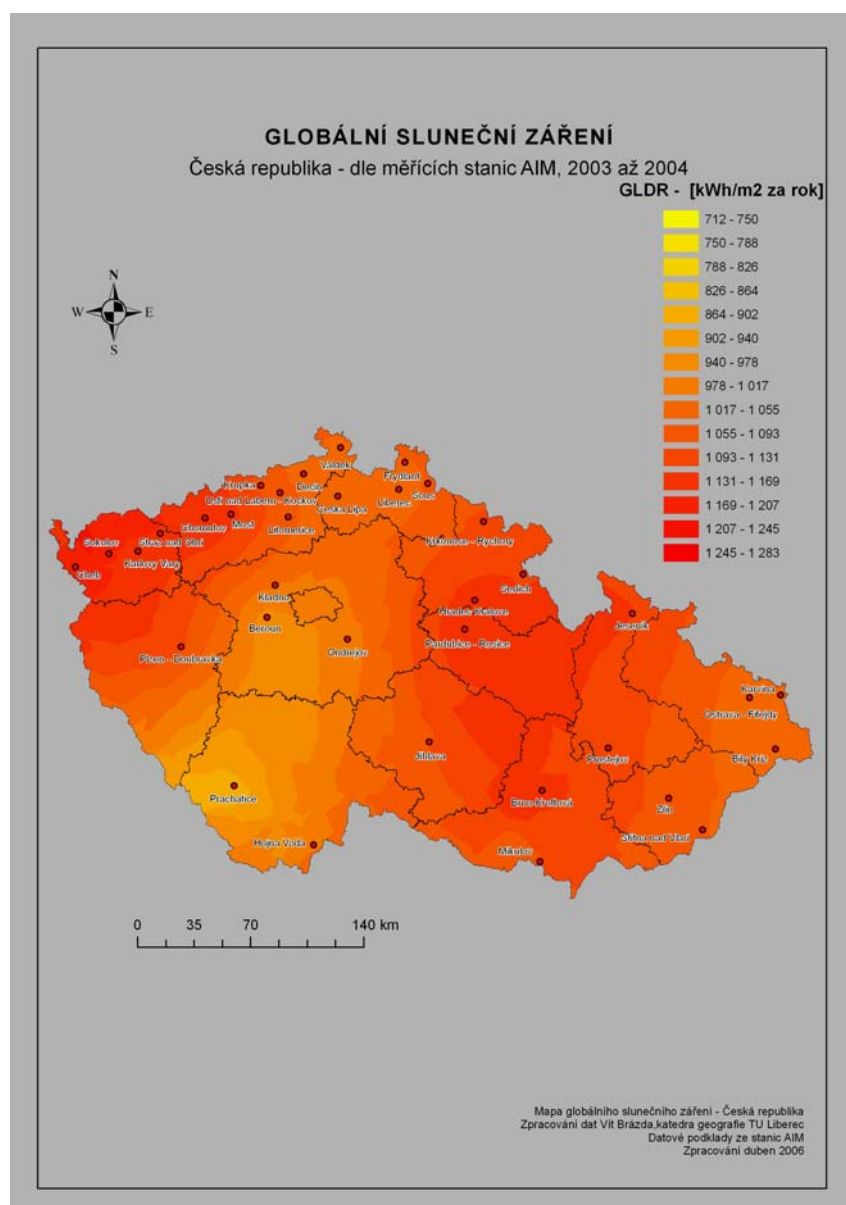
Při samotné tvorbě mapy je nutné nejprve vytvořit databázi (t.j. zadat jména měst a přiřadit meteorologická data vztahující se ke konkrétnímu městu). Dále v mapovém editoru – ArcMap – zvolit vhodné vrstvy – podkladové mapy. V mém případě bylo nutné poskládat vrstvy tři, aby bylo dosaženo požadované podkladové mapy potřebné pro mou další práci: slepou mapu ČR pouze s hranicemi, mapu ČR s vyznačenými okresy a mapu ČR s aglomeracemi nad 10 000 obyvatel. Vzájemným překrytím a vyfiltrováním byla vytvořena podkladová mapa s městy, kde jsou umístěny stanice AIM, se kterými se dále pracuje. Těmto bodům jsou z databáze zadány jejich vlastnosti, v podstatě jde o propojení databáze s obrazovou mapou. V této chvíli lze přejít do druhé fáze, nejvhodnějšímu způsobu zesíťování dat a volbě matematické metody pro vytvoření sítě.

Metoda, která je zvolena, se nazývá „Krigingova metoda“ (její název vznikl podle D.E. Krigea, jihoafrického inženýra, který v padesátých letech rozvinul empirické statistické metody v důlním inženýrství). Podstatou této metody je nalezení optimální předpovědi míry vzájemné vazby mezi dvěma náhodnými veličinami (kovariance) stacionárního náhodného procesu definovaného v dané oblasti vzhledem ke střední kvadratické chybě. Problémem je, že obvykle není známa kovarianční struktura tohoto procesu a je potřeba ji odhadnout z dat. Při samotné tvorbě map je využito blokového krigování exponenciální metodou, kdy se pro

interpolaci použijí jen ty body, které jsou v určité vzdálenosti. Po tomto postupu program ArcMap již vytvoří hrubou podobu mapy, kterou je nutné dále „kosmeticky doladit“ (vymezit hranice České republiky, zvýraznit města, ze kterých pocházejí data). Dále se již s hotovou mapou pracuje v grafickém editoru, kde se k mapě přidá měřítko, směrová růžice, legenda a název. Nezbyvá, než vyexportovat mapu jako obrázek (ve formátu *.jpg, popř. *.gif)

Při mé práci mi přišlo výhodné vytvořit nejen mapu celoročního datového průměru, ale i mapy průměrů za jednotlivé měsíce (**Příloha 1**). Jako jednotku dopadající sluneční energie jsem zvolil kWh/m².

4.3. Mapa globálního slunečního ozařování vytvořená z měření AIM

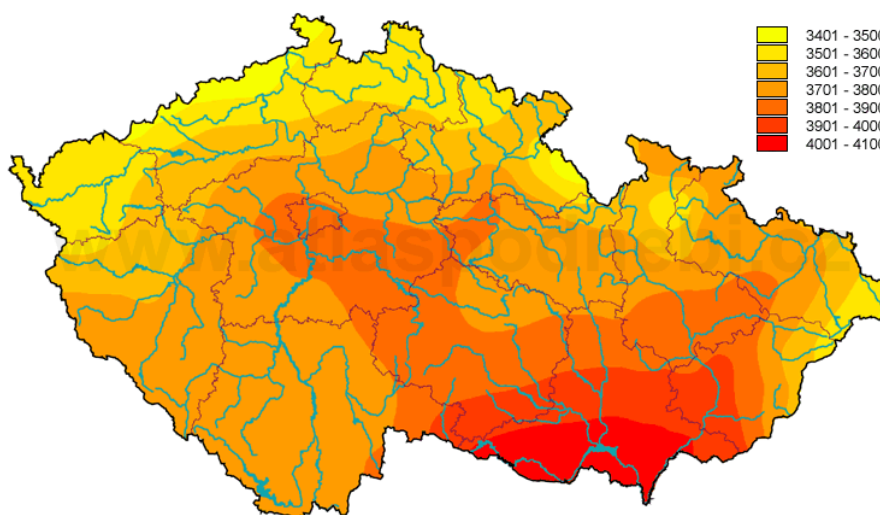


Obrázek č. 43: Mapa globálního slunečního ozařování na území ČR dle AIM.

Pro porovnání je zde uvedena mapa vytvořená ČHMÚ. Bohužel se mi nepodařilo zjistit z kolika měřících míst je vytvořena. Je i vytvářena jinou metodou, než jsem volil při tvorbě mapy já. Dovolil bych si tvrdit, že je vytvářena polynomickou metodou. To znamená, že síť stanic je rovnoměrně rozmístěna po celém území ČR a ač má ČHMÚ mnohem více zdrojů, myslím si, že je zde pouze využito dat z krajských měst. Proto je zde méně barevných přechodů pro vyznačení rozdílů slunečního záření. Zvolené jednotky jsou zde MJ/m², proto je nutné pro porovnání převést MJ na kWh.

Velikou výhodou ČHMÚ je mnohem delší doba měření a proto možnost přesnějšího vyhodnocení slunečních podmínek. Především z tohoto důvodu si myslím, že je tato mapa důvěryhodnější.

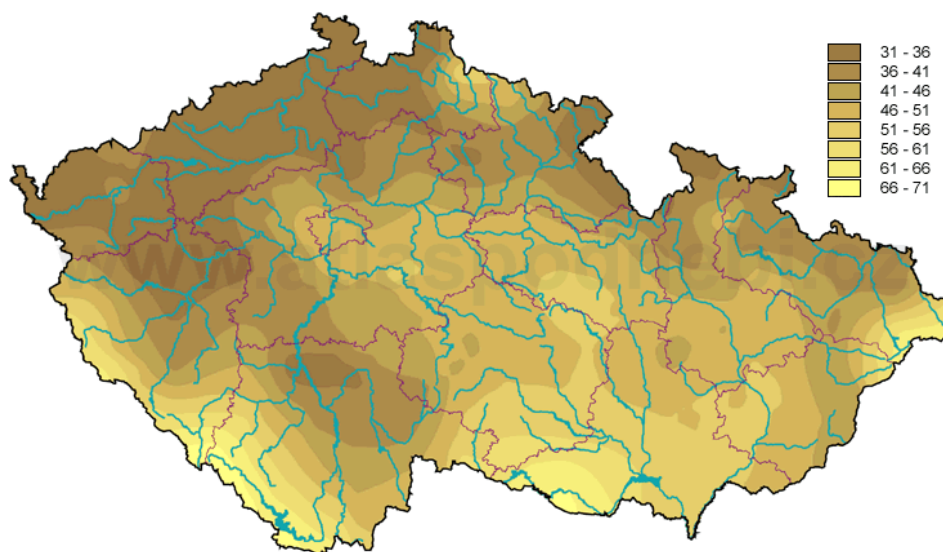
Průměrný roční úhrn globálního solárního ozáření [MJ/m²]



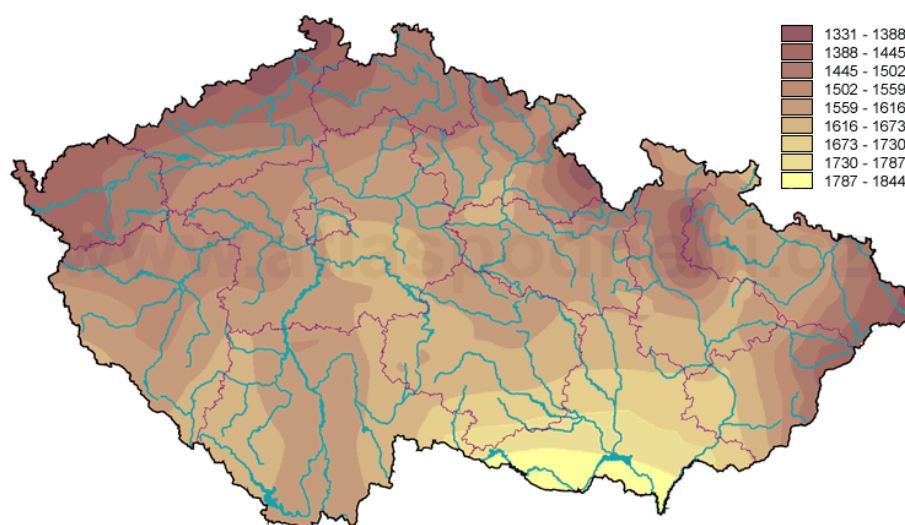
Obrázek č. 44: Mapa globálního slunečního ozáření na území ČR dle ČHMÚ.

Tato mapa pochází z chystaného meteorologického atlasu vytvářeném ČHMÚ. Pro problematiku využití solárních zařízení se jistě hodí i další dvě mapy, které znázorňují

- Průměrný roční počet jasných dnů
- Průměrný roční úhrn doby trvání slunečního svitu [h]

Průměrný roční počet jasných dnů

Obrázek č. 45: Mapa průměrného počtu jasných dnů za rok na území ČR dle ČHMÚ.

Průměrný roční úhrn doby trvání slunečního svitu [h]

Obrázek č. 46: Mapa průměrné doby trvání slunečního svitu za rok na území ČR dle ČHMÚ.

5. Zhodnocení slunečních podmínek v našem regionu

5.1. V rámci ČR

Pokud pomineme naměřené krajní hodnoty, tak lze říci, že roční sumy globálního slunečního ozáření dopadnuté na vodorovnou plochu v Čechách a na Moravě kolísají od 750 do 1250 kWh m⁻², přičemž cca 70 % z tohoto množství připadá na období mezi dubnem až zářím.

Při jižní orientaci a 45° sklonu kolektoru od vodorovné plochy se zvětšují sumy GLRD v průměru o 20 -25 %. Samozřejmě rozdíl se během roku mění (viz. **graf č.20**).

Denní sumy globálního slunečního ozáření ve střední Evropě kolísají přibližně v poměru 1:6 mezi zimním a letním obdobím. Tento poměr je pouze průměrný, dle mého pozorování, může tento poměr krajně dosáhnout i poměru 1:15. Viz. Solární mapy pro jednotlivé měsíce v příloze 1.

Průměrný počet jasných dnů se pohybuje v rozmezí mezi 30 -70 dny. Záleží na lokalitě, ale obecně platí, že čím více jsme na jihu, tím je větší pravděpodobnost vyššího počtu jasných dnů.

Průměrná roční doba trvání slunečního svitu se pohybuje v rozmezí 1330 – 1844 hodin. Opět platí, že čím více jsme na jihu, tím více bude slunce svítit.

5.2. V Libereckém kraji

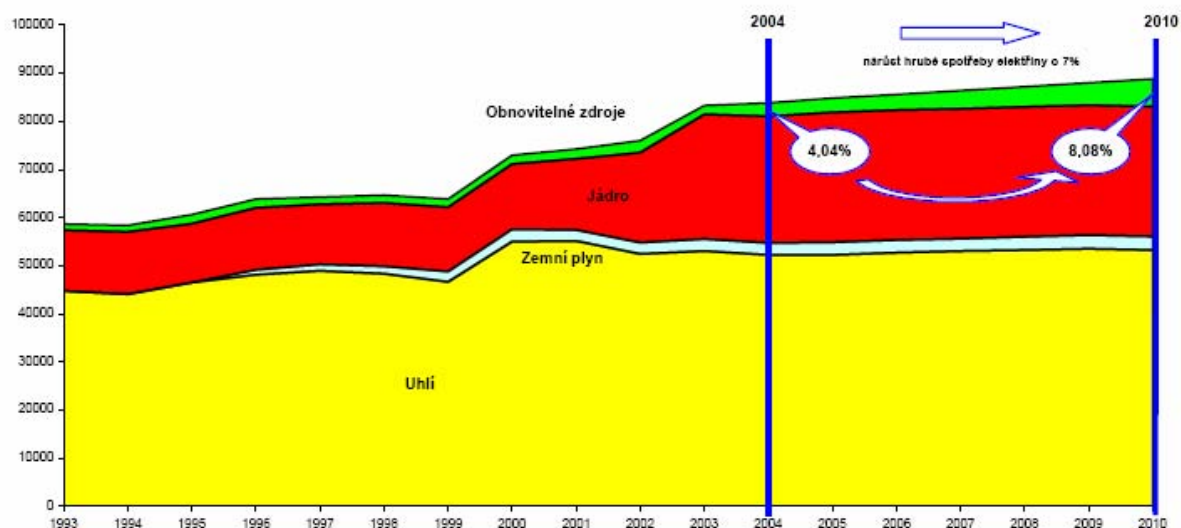
V rámci měření GLRD dopadnutého na vodorovnou plochu v laboratoři TUL a AIM jsem dospěl k těmto závěrům: Roční suma globálního slunečního ozáření kolísá v rozmezí 900 – 1150 kWh/m².

Z map ČHMÚ a z [1] lze říci, že průměrný počet jasných dnů se pohybuje v rozmezí mezi 30 - 45 dny a průměrná roční doba trvání slunečního svitu se pohybuje v rozmezí 1400 – 1500 hodin.

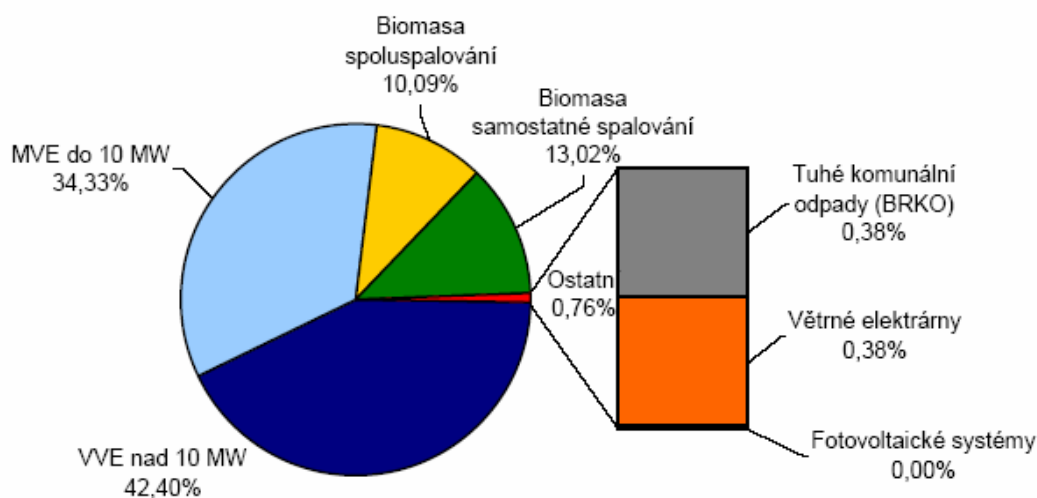
5.3. Výhledy termálních kolektorů a fotovoltaických modulů v blízké době v rámci ČR

Vlivem zvyšování cen elektrické energie a tepelné energie, díky snižujícím se zásobám fosilních paliv a rostoucí energetické náročnosti obyvatelstva, bude čím dál tím více zajímavější uvažovat o využití obnovitelných zdrojů energie. Za současných podmínek je

například fotovoltaika prodělečnou záležitostí, ale navýšením státních dotací a zvýšením výkupní ceny energie z obnovitelných zdrojů dojde ke zlomu a výroba energie touto cestou se začne vyplácet. K tomu přispěje i vylepšování dosavadních technologií, popřípadě snížení ceny výrobních materiálů vlivem vzrůstající konkurence.



Obrázek č.47: Výroba elektřiny v ČR podle zdrojů – 1993 – 2004 s výhledem do roku 2010 (zdroj: MPO).



Obrázek č.48: Podíl jednotlivých OZE na výrobě elektřiny v ČR v roce 2004 (zdroj: MPO).

5.3.1. Státní dotace pro solární energetiku

Česká republika se zavázala v Přístupové smlouvě k EU ke zvýšení výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie. Cílem je dosažení 8% podílu elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů energie na hrubé spotřebě elektřiny v ČR v roce 2010. Základním předpokladem pro další navyšování podílu obnovitelných zdrojů energie na výrobě elektřiny jsou investice do výstavby nových zařízení, zejména v oblasti využití biomasy. Mezi ekonomické podmínky zajišťující atraktivnost investic patří následující:

- zachování současné úrovně výkupních cen,
- podpora a maximalizace využití ekonomicky reálných způsobů výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie,
- investiční podpora nových projektů v úrovni 20 — 30% (využití prostředků strukturálních fondů EU),
- stabilita podpory v sektoru zemědělství (dotace na pěstování energetických plodin).

Dle **zákona č. 180/2005 Sb.** o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie platí:

- nárok na připojení zařízení na výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů energie do elektrizační soustavy
- garance výnosů z jednotky vyrobené elektřiny po dobu 15 let od uvedení do provozu
- možnost volby mezi dvěma systémy podpory,
- podpora elektřiny užitá pro vlastní potřebu,
- zachování úrovně výkupních cen pro již provozovaná zařízení po dobu 15 let,
- maximální meziroční pokles výkupních cen elektřiny pro nová zařízení 5 %,

Maximální výše dotace, uvedená v procentech ze základu pro výpočet podpory

Základem pro výpočet podpory jsou náklady na pořízení, případně instalaci zdroje tepla, včetně příslušenství (bez otopných soustav v objektech).

Číslo programu	Název programu	max. limit % dotace, ze základu pro výpočet podpory
1.	- Investiční podpora environmentálně šetrných způsobů vytápění a ohřevu teplé užitkové vody částečné či úplné záměny fosilních paliv a el. přímotopů biomasou, solárním systémem, příp. jejich kombinací	50 ^{1/}
10.	- Slunce do škol	100 ^{1/,2/}

Tab.19: Státní dotace.

1/ Fond se bude podílet na úhradě energetického auditu a vyjádření EKIS do výše 50% celkových nákladů, maximálně do výše 10 tis. Kč (v případě programu Slunce do škol maximálně do výše 5 tis. Kč).

2/ Pro specializované střední školy (fotovoltaická zařízení nad stanovený limit 220 W) je maximální limit procenta podpory/dotace, ze základu pro výpočet podpory omezen na 85/85.

Ministerstvo průmyslu a obchodu vyhlásilo tzv.,, Program efekt’’ (Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2007 (Výňatek)

Cíl programu

Program EFEKT slouží MPO k ovlivnění úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie v ČR. Je zaměřen na osvětovou činnost, energetické plánování, investiční akce malého rozsahu a na pilotní projekty. Je doplňkovým programem k energetickým programům podporovaným ze strukturálních fondů Evropské unie.

Podporované aktivity

Oblast podpory	Aktivita		Typ žadatele	Maximální výše podpory		Uzávěrka podání žádosti
				Tis. Kč	%	
OZE	C.4	Solární termální systémy	Podnikatelé	2000	40%	31.3.2007

Tab.20: Podporované aktivity.

Dotace může být poskytnuta na výstavbu, obnovu nebo rekonstrukci solárních systémů. Požadovaná doba návratnosti vložených finančních prostředků je max. do poloviny životnosti zařízení. U solárních kolektorů (s výjimkou kolektorů s fresnelovými čočkami) musí být dodržena optická účinnost min. 80% při jejich klidové teplotě min. 115°C (při teplotě vzduchu +25°C).

5.4. Vhodnost využití fotovoltaiky

Jako příklad dle [10] uvedu FVF TU v Liberci. FVF je instalována na dvou štítových zdech budovy F orientovaných na JV, byla vybudována v roce 2004, s instalovaným výkonem do 20 kWp, nejlépe zavedenou firmou zabývající se výrobou FVF v ČR – firmou Solartec s.r.o.

Místo instalace	TU v Liberci budova F
Zeměpisná poloha instalace	50°46's.š. , 15°04' v.d.
Azimut	≈ -14°
Sklon instalace (horizontální = 0°)	90°
Instalovaný špičkový elektrický výkon	18,71 kWp
Maximální provozní elektrický výkon	15,00 kWe
Celková plocha sestavy	164,5 m ²
Činná plocha sestavy	145,2 m ²

Tab.21: Charakteristiky FVF TUL.

Pozn. Azimut je uveden ve smyslu: jih = 0°, západ = 90°, východ = -90°



FVF TUL je složena celkem z 192 modulů, které jsou řazeny do 4 polí. Každý modul je složen ze 72 kusů monokrystalických křemíkových článků. Ve fasádě jsou celkem dva typy modulů: RADIX PE 72 – 97 Marina Blue (182 kusů) a 10 kusů modernějších RADIX PE 72 – 106 Marina Blue.

Obrázek č. 49: Pohled na FVF TUL.

V měřicím období od 17. listopadu 2004 do 31. listopadu 2005 byla FVF vyrobená elektrická energie 11715 kWh. Celková účinnost FVF se měnila v závislosti na ročním období. Pohybovala se převážně v rozmezí $\eta = 9 \div 10 \%$.

Pozn. Celkovou účinnost lze zjistit dle vzorce:

$$\eta_c = \eta \times \eta_s \times \eta_v \quad [-], \text{ kde} \quad (12)$$

η je účinnost konverze energie slunečního záření,

η_s je účinnost použitých měničů napětí,

η_v je účinnost vedení a spojovacích prvků.

5.4.1. Ekologická efektivita FVF TUL

Vyrobená elektrická energie FVF [MWh]	Emisní faktory znečišťujících látek				
	Tuhé látky	SO ₂	NO _x	CO	CO ₂
	[kg/MWh]	[kg/MWh]	[kg/MWh]	[kg/MWh]	[tuna/MWh]
	0,0744	0,8359	0,2399	0,0232	1,1700
	Emise znečišťujících látek				
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[tuna]
11,7	0,8716	9,7926	2,8104	0,2723	13,7066

Tab.22: Množství znečišťujících látek, které FVF ušetřila.

Tab.22 znázorňuje, kolik emisí znečišťujících látek bylo ušetřeno za měřené období. Hodnoty jsou vztažené k hodnocení ČEZ, kolik škodlivin je vyprodukováno v ČR na výrobu jedné MWh. Bohužel zde není vzato v potaz, jaká byla energetická spotřeba pro výrobu samotných fotovoltaických modulů. T.j. kolik škodlivin bylo vyprodukováno během samotné výroby zařízení.

5.4.2. Ekonomická efektivita FVF TUL:

Dle ekonomického hodnocení FVF, s přihlédnutím k těmto výchozím předpokladům pro provedení výpočtu (tab.23),

Parametr	Měr. Jednotka	Hodnota
Diskontní činitel p	-	1,08
Doba hodnocení T	roky	20
Cena nakupované elektrické energie 2005	Kč/kWh	2,21
Výkupní cena el. energie (zelené bonusy)	Kč/kWh	5,67
Vyrobená elektrická energie	KWh	11715
Investiční náklady na pořízení FVF	tis. Kč	9623,0

Tab.23: Výchozí předpoklady pro ekonomické zhodnocení FVF.

byly získány tyto výsledky výpočtu ekonomické spolehlivosti (tab. 24).

Přínos FVF instalace 2005	tis. Kč	92,3
Prostá doba návratnosti	roky	104,2
Reálná doba návratnosti	roky	nesplatí se
Cena vyrobené el. energie odpisová	Kč/kWh	> 54,8
Cena vyrobené el. energie vztažená k době garance výkonu – 20 let	Kč/kWh	> 41,1
Měrná cena FV instalace	Kč/Wp	514,3

Tab.24: Ekonomické zhodnocení FVF.

Pozn. V ekonomických výpočtech není uvažováno s nutností obměny technických zařízení s nižší dobou životnosti, než je doba ekonomického hodnocení, která byla zvolena s ohledem na dobu garance výkonu fotovoltaických modulů jejich výrobcem. Dále zde není uvažováno s dotacemi a eskalací cen elektrické energie.

Dle těchto dat není FVF TUL ekonomicky efektivní, tudíž ani komerčně zajímavou alternativou vůči konvenčním zdrojům elektrické energie.

Pokud chceme dosáhnout ekonomické efektivnosti, měly by fotovoltaické systémy splňovat alespoň tyto podmínky:

- měrná cena FV instalace < 115 Kč/Wp
- garance výkonu > 30 let
- výtěžnost > 1000 kWh/kWp
- Zvýšit svou účinnost zkvalitněním používaných materiálů > 20%

Dle [10] se výtěžnost FVF TUL pohybuje okolo 626 kWh/kWp. Je to dáno hlavním nedostatkem instalace – nevhodným sklonem (90°). Pokud by se směr sklonu FV modulů změnil na 45°, tak by se měla výtěžnost pohybovat okolo 1000 kWh/kWp.

Fotovoltaické systémy mají v současné době z hlediska výroby elektřiny zanedbatelný přínos. V nejbližším období nelze vzhledem k technickým možnostem a investičním nákladům dostupných fotovoltaických technologií očekávat významné navýšení instalovaného výkonu a výroby elektřiny. Nově instalovaná zařízení budou mít i nadále spíše demonstrační charakter, komerční využití je reálné pouze u mikrosystémů pro lokální napájení bez dodávek elektřiny do sítě. Stát se snaží podporovat využití fotovoltaiky, protože řada vyspělých států vidí v jejím využívání jeden z budoucích zdrojů pro lidstvo. Mezi výhody, které byly do dnešní doby uzákoněny patří (tab.25):

	Datum	Motivační nástroj
1	2000	Vyhlášení programu Slunce do škol (Státní fond životního prostředí)
2	1. 1. 2001	Zavedení zvýhodněné 5% sazby DPH pro fotovoltaické systémy a komponenty
3	2001	První instalace z programu Slunce do škol
4	Od 1. 1. 2002	Zavedení povinnosti vykupovat elektrickou energii z malých zdrojů
5	Od 1. 6. 2002	Stanovení výkupní ceny elektrické energie z fotovoltaických systémů 6,- Kč/kWh – vyhláška ERÚ
6	Od 1. 1. 2003	Pokračování programu Slunce do škol
7	Od 1. 1. 2003	Program na podporu instalací fotovoltaických systémů připojených k rozvodné síti
		Dotace 30% na investiční náklady pro fyzické osoby do výkonu 2 kW
		Dotace 30% na investiční náklady pro právnické osoby do výkonu 20 kW

Tab.25: Zákony přijaté pro zvýšení atraktivnosti fotovoltaických systémů.

Do ekonomické efektivnosti by se měla také započítávat energetická návratnost fotovoltaických modulů. Energetická návratnost je důležitý ukazatel, který určuje dobu, za kterou solární panel vyrobí tolik energie, kolik bylo vynaloženo na jeho zhotovení. Knapp a Jester ve své studii posuzovali solární panel s krystalickými křemíkovými články a tenkovrstvý solární modul se strukturou CIS. Na energii náročnější technologie výroby solárních panelů s krystalickým křemíkem má dobu energetické návratnosti něco málo více než tři roky a panel s tenkovrstvou strukturou CIS vyrobí zpět spotřebovanou energii za méně než dva roky.

(dle firem Knapp a Jester)

Zhodnocení:

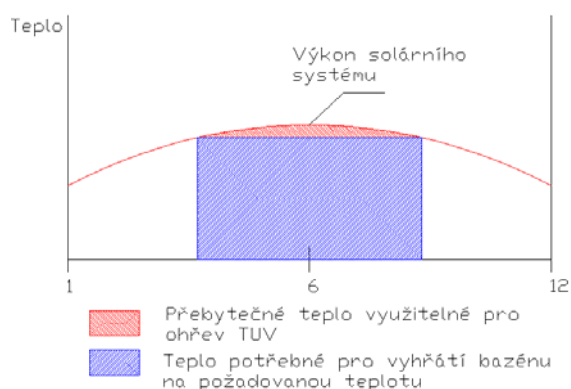
Pokud spojíme energetickou návratnost a ekonomickou návratnost FV systému zjistíme, že se jedná v současné době o prodělečnou záležitost. Je sice pravdou, že je FV jeden z nejekologičtějších způsobů výroby el. energie, ale není za současných podmínek efektivní. Výjimkou jsou pouze programy typu „Slunce do škol“, kde jsou státní dotace tak vysoké, že pokryjí ztrátovost systému ze státního rozpočtu, popřípadě dotací z Evropské unie.

5.5. Vhodnost využití solárních termálních kolektorů

Výhody solárních zařízení:

- možnost 100% recyklace použitých materiálů (hliník, měď, sklo),
- centralizace výroby energie přímo v místě potřeby
- krátká doba energetické amortizace - uvádí se do dvou let, z recyklovaných materiálů pouze několik měsíců,
- nízké provozní náklady,
- ekologický zdroj tepla

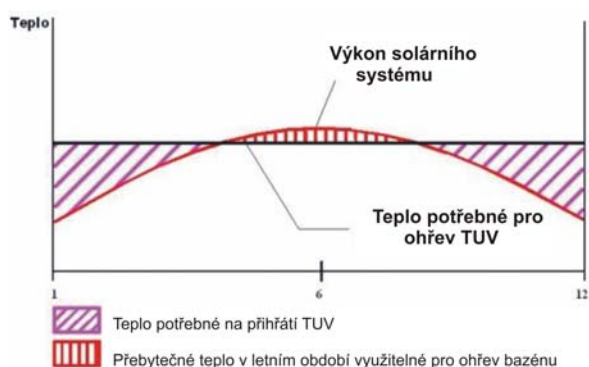
5.5.1. Možnosti využití solárního tepla:



Systémy pro dohřívání bazénů pracují při nízkých teplotách maximálně do 28°C (většinou však okolo 23-26°C), jsou levné, energie z nich je plně využitelná a fungují při téměř maximální účinnosti přeměny slunečního záření v tepelnou energii.

Obrázek č. 50: Využitelnost slunečního záření při vyhřívání bazénu

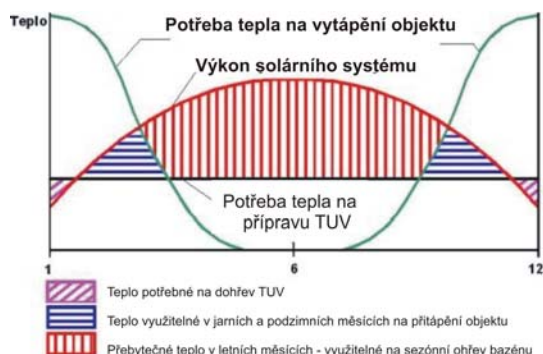
Pro přípravu TUV je nutné volit kvalitnější systémy, pracovní teploty se zde pohybují okolo 20 – 100°C, většinou však dohříváme na teploty v rozmezí 50 – 60°C. Účinnost přeměny slunečního záření v tepelnou energii je stále velká, pohybuje se v rozmezí 50 – 70 %.



Pro celoroční použití je nutné volit sekundární zdroj pro dohřev TUV v zimním období na požadovanou teplotu.

Obrázek č. 51: Využitelnost slunečního záření pro ohřev TUV.

Pro přitápění je nutné volit co nejkvalitnější kolektory s minimálními ztrátami tepla a vysokou efektivitou při vysokých teplotách. Tyto požadavky splňují především kolektory ploché



vakuové a kolektory trubkové vakuové, popř. trubice vakuové tepelné. Z důvodu minimálních ztrát přenosem tepla. Bohužel vyšší kvalitě odpovídá i vyšší cena, obzvláště u trubkových kolektorů.

Obrázek č. 52: Využitelnost slunečního záření pro ohřev TUV a přitápění objektu.

Energetické zisky kolektorů: dle [2].

Typ kolektoru	[kWh/m ² rok]
Ploché kolektory bez selektivního povrstvení	250-400
Ploché kolektory se selektivním povrstvením	320-530
Vakuované trubkové kolektory	400-890

Tab.26: Energetické zisky kolektorů.

Energetická výhodnost:

Všeobecnou orientaci o výhodnosti aktivních slunečních systémů umožňuje tzv. **stupeň krytí spotřeby energie**.

$$f = \frac{Q_{kol} \cdot S_{kol}}{Q_{potř}} [-] \quad , \text{ kde} \quad (13)$$

Q_{kol} – měrná energie zachycená kolektory za období jednoho roku [kWh/m²],

S_{kol} – plocha kolektorů [m²],

$Q_{spotř}$ – spotřeba energie za stejné období [kWh].

Roční stupeň krytí spotřeby energie by měl být vždy $f < 1$. Je-li $f > 1$ je kolektorová plocha zbytečně velká, systém je předimenzovaný, klesá jeho ekonomičnost.

5.5.2. Prostý ohřev pitné vody

Jako příklad pro ohřev TUV jsem si vybral komplet s nucenou cirkulací 300/3 SN od firmy SANY s.r.o. Tento komplet počítá s případným ohřevem vody bivalentním zdrojem v zimních měsících. Systém zaručuje ohřev 300 litrů vody, což odpovídá spotřebě čtyřčlenné rodiny (75 l TUV na osobu).

Technická data

absorpční plocha (3xHELIOSTAR)	5,28 m ²
objem zásobníku	300 litrů
Komplet obsahuje:	
3 ks	kolektor Heliostar 300
1 ks	hliníková eloxovaná konstrukce na šikmou střechu
1 ks	solární zásobník VTS 300 litrů + elektrodohřev 2kW
1 ks	solární hnací jednotka SANY 1
1 ks	elektronická regulace SAN 02 (DAS 04/V)
1 ks	expanzomat 18 litrů + 25 litrů nemrznoucí směsi - Kolekton

Tab.27: Technická data pro solární systém 300/3 SN firmy SANY s.r.o.

Cena 61 924,- bez 19% DPH (73690,- s DPH). Záruční doba na kolektory je 12 let (minimální předpokládaná životnost 35 let), na zbytek zařízení, kromě elektrické regulace, se vztahuje záruka 5 let a na el. regulaci 2 roky.

Výrobce zaručuje pro kolektor Heliostar 300 energetický zisk až 930 kWh/rok. Pro výpočet stupně krytí spotřeby energie budu uvažovat 744 kWh/rok (t.j. 80% původní hodnoty).

Dle [1] by solární systémy měly plně pokrýt ohřev TUV 6-8 měsíců v roce při JJV orientaci a sklonem kolektorů v 45°. Pro Liberecko předpokládejme plné pokrytí 6 měsíců v roce + 1,5 měsíce úspory pomocným předehřevem (před dohříváním TUV na požadovanou teplotu bivalentním zdrojem) v zimním období. To je celkem 7,5 měsíce (≈ 230 dní). Teplotu ohříváme z 10°C na 55°C. Pomocí bilanční rovnice zjistíme spotřebu energie k ohřátí 300 l vody za jeden den.

$$Q = m \cdot c_w \cdot \Delta t = 300 \cdot 4200 \cdot 45 = 56700000 J = 56,7 MJ = 15,75 kWh,$$

(14)

za celý rok jsme tedy schopni ušetřit 3622,5 kWh = 3,62 MWh.

Na celoroční ohřev vody je potřeba 5748,75 kWh = 5,75 MWh.

$$\text{Stupeň krytí spotřeby energie vychází: } f = \frac{Q_{kol} \cdot S_{kol}}{Q_{potř}} = \frac{744 \cdot 5,28}{5748,75} = 0,683$$

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Dohřev [%]	90	85	50	0	0	0	0	0	0	50	85	90
Počet dnů	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Úspora energie [kWh]	48,8	66,15	244,1	472,5	488,3	472,5	488,3	488,3	472,5	244,1	70,9	48,8
Spotřeba energie [kWh]	488,3	441	488,3	472,5	488,3	472,5	488,3	488,3	472,5	488,3	472,5	488,3

Tab.28: Orientační tabulka pro porovnání úspory energie sol. systémem a spotřeby energie pro ohřev vody.

Potřebný dohřev byl odvozen z [1]a[2].

Druh paliva	Kč/MWh	Cena za celoroční ohřev [Kč/rok]	Úspora [Kč/rok]	Návratnost systému [roky]
Hnědé uhlí – klasický kotel na uhlí	836,3733	4808,101	3029,762	24,32
Černé uhlí – klasický kotel na uhlí	1119,253	6434,308	4054,495	18,17
Koks – klasický kotel na koks	1224,64	7040,149	4436,258	16,611
Palivové dřevo – zplyňovací kotel	295,8933	1701,017	1071,874	68,75
Dřevěné brikety – zplyňovací kotel	1014,853	5834,138	3676,306	20,04
Dřevěné pelety – kotel na pelety	869,9467	5001,106	3151,382	23,38
Štěpka – kotel na štěpku	504	2897,37	1825,74	40,36
Zemní plyn – kondenzační kotel	1090,533	6269,204	3950,457	18,65
Propan – kotel na propan	2326,267	13373,13	8426,901	8,74
Lehký topný olej TOEL – kotel na LTO	2012,853	11571,39	7291,561	10,11
Elektřina akumulace – akumul. Kamna	1446,507	8315,605	5239,97	14,06
Elektřina přímotop – elektrokotel	1917,68	11024,26	6946,796	10,61

Tab.29: Orientační tabulka pro porovnání úspory energie solárním systémem za rok a jeho návratnost (Zdroj cen energií: www.tzb-info.cz)

Ve výpočtech nejsou zahrnuty ceny za montáž, dovoz, za údržbu a revizi solárního systému. Také se neuvažuje s rostoucí cenou energie získané z fosilních paliv. Jelikož se předpokládá, že ceny energie porostou ročně o 5 až 10 %, lze říci, že návratnost solárních systémů pro ohřev TUV bude s výhledem do budoucnosti ještě kratší, než je uvedeno ve výpočtech. Za hranici životnosti solárních systémů se považuje doba 25 – 30 let.

Navíc lze v České republice žádat pro solární systémy o tyto druhy podpor:

Základní podpůrné programy	Podpora
Solární systémy pro celoroční ohřev teplé užitkové vody	do výšky 30 %, maximálně 50 000 Kč
Solární systémy na vytápění a celoroční ohřev teplé užitkové vody	do výšky 50 %, maximálně 100 000 Kč
Solární systémy v objektu, nahrazujícím objekt zničený povodní v srpnu 2002	do výšky 80 %, maximálně 150 000 Kč

Tab.30: Základní podpůrné programy pro solární systémy.

5.5.3. Ohřev pitné vody a vytápění

Kombinované solární soustavy, které vedle ohřevu pitné vody slouží také k vytápění budov, nacházejí v posledních letech narůstající uplatnění. Je to především dáno tím, že se staví více nízkoenergetických a pasivních domů, kde mohou být použity nízkoteplotní vytápěcí systémy, jako podlahové nebo stěnové vytápění. Topné systémy, v nichž teploty na vstupu a na zpátečce byly dříve dimenzovány na 90/70 °C, nejsou pro užitečnou solární podporu vhodné. Vhodné jsou pro systémy s teplotou na přívodu a zpátečce 60/40 °C, nebo méně, s plynulou regulací. Dále k tomuto vývoji přispěly pokroky solární techniky – zlepšené systémy zásobníků, především vývoj zásobníků s nabíjením ve vrstvách.

Téměř všechny systémy jsou provedeny s dohříváním z jiného zdroje, protože 100% pokrytí je ve střední Evropě možné jen s velkými náklady a je neekonomické. Dle [1] a [2] se uvádí, že nejvhodnější je, pro podporu vytápění v rodinných domech a dvojdomích, s objemem zásobníku mezi 500 a 2000 l, dimenzovat sestavu na 10-ti – 40-ti procentní pokrytí energie pro vytápění ze solárního zařízení.

Solární sestavy, které mají podobné energetické pokrytí a mohly by zaručit tuto podporu vytápění v jarních a podzimních, popř. i v zimních měsících (při dobré účinnosti kolektorů), se pohybují v cenové relaci od 200000 – 300000,-Kč s DPH. Záleží na výrobci, na typu zvolených kolektorů v sestavě a na příslušenství, které výrobce nabízí. Obecně platí, že systémy s trubicovými vakuovými kolektory jsou dražší, ale zase mají výrazně vyšší účinnost v zimních měsících.

Uvažujeme, že máme solární systém, který poskytne ročně 13,5 GJ tepla za rok (3750 kWh/rok) pro vytápění a 13,041 GJ tepla za rok (3622,5 kWh/rok) pro ohřev pitné vody, celkem tedy 26,541 GJ (7372,5 kWh/rok). Z toho plyne, že ve v následujícím příkladě pokryje vytápění z 10% za rok ve starším domě, z 25% v novém domě a přibližně z 60% v domě nízkoenergetickém a navíc nám poskytne stejné podmínky pro ohřev pitné vody, jako v předchozím příkladě. Rozbor je proveden na následující studii, kterou vypracovala společnost EkoWATT:

Pozn. Ceny paliv byly porovnány s informacemi dostupnými na <http://www.tzb-info.cz/>.

Přibližný rozpočet čtyřčlenné rodiny v domě o obytné ploše 150 m² na vytápění během roku.

a) Starší dům: (především venkovská zástavba),
spotřeba tepla 135 GJ/rok (250 kWh/m².rok)

Druh paliva	Spotřeba paliva/energie	Cena paliva [Kč/rok]	Úspora za vytápění [Kč/rok]	Úspora za vytápění + ohřev TUV [Kč/rok]
Hnědé uhlí – klasický kotel na uhlí	13636,4 kg	31364	3136,4	6166,162
Černé uhlí – klasický kotel na uhlí	10625,7 kg	41972	4197,2	8251,695
Koks – klasický kotel na koks	7917,9 kg	45924	4592,4	9028,658
Palivové dřevo – zplyňovací kotel	12328,8 kg	11096	1109,6	2181,474
Dřevěné brikety – zplyňovací kotel	10285,7 kg	38057	3805,7	7482,006
Dřevěné pelety – kotel na pelety	8585,1 kg	32623	3262,3	6413,682
Štěpka – kotel na štěpku	13500,0 kg	18900	1890	3715,74
Zemní plyn – kondenzační kotel	3887,0 m ³	40895	4089,5	8039,957
Propan – kotel na propan	3255,1 kg	87235	8723,5	17150,4
Lehký topný olej TOEL – kotel na LTO	3611,6 kg	75482	7548,2	14839,76
Elektřina akumulace – akumul. Kamna	39473,7 kWh	54244	5424,4	10664,37
Elektřina přímotop – elektrokotel	39473,7 kWh	71913	7191,3	14138,1

Tab.31: Spotřeby energie pro starší dům a jejich úspory.

Rozbor:

Ve starším domě dochází k velkým tepelným ztrátám, úspora navrženého solárního systému pro vytápění se pohybuje okolo 10% z celkových nákladů vynaložených na vytápění.

Navíc je ve starších domech již většinou vytápění vyřešeno (většinou se jedná o systémy, v nichž teploty na vstupu a na zpátečce jsou dimenzovány na 90/70 °C), popřípadě není vůbec zavedeno centrální vytápění. Zavádět do této budovy solární systém je neekonomické, spíše bych volil změnu vytápění s ohledem na cenu dostupných levnějších paliv.

- b) Nový dům:** (postaven po roce 2002, konstrukce jsou dobře zateplené, ale není nijak energeticky optimalizován)
spotřeba tepla 54GJ/rok (100 kWh/m².rok)

Druh paliva	Spotřeba paliva/energie	Cena paliva [Kč/rok]	Úspora za vytápění [Kč/rok]	Úspora za vytápění + ohřev TUV [Kč/rok]
Hnědé uhlí – klasický kotel na uhlí	5454,5 kg	12545	3136,25	6166,012
Černé uhlí – klasický kotel na uhlí	4250,3 kg	16789	4197,25	8251,745
Koks – klasický kotel na koks	3167,2 kg	18370	4592,5	9028,758
Palivové dřevo – zplyňovací kotel	4931,5 kg	4438	1109,5	2181,374
Dřevěné brikety – zplyňovací kotel	4114,3 kg	15223	3805,75	7482,056
Dřevěné pelety – kotel na pelety	3434,0 kg	13049	3262,25	6413,632
Štěpka – kotel na štěpku	5400,0 kg	7560	1890	3715,74
Zemní plyn – kondenzační kotel	1554,8 m ³	16941	4235,25	8185,707
Propan – kotel na propan	1302,0 kg	34894	8723,5	17150,4
Lehký topný olej TOEL – kotel na LTO	1444,6 kg	30193	7548,25	14839,81
Elektřina akumulace – akumul. Kamna	15789,5 kWh	23377	5844,25	11084,22
Elektřina přímotop – elektrokotel	15789,5 kWh	29028	7257	14203,8

Tab.32: Spotřeby energie pro nový dům a jejich úspory.

Rozbor:

V novém domě dochází k 2,5x menším tepelným ztrátám, než v domě starém.

Solární systém je schopen pokrýt 25% spotřeby energie k vytápění a přibližně stejnou energii ušetří pro ohřev pitné vody. Pokud je v tomto objektu zajištěno vytápění elektřinou, popř. jiným dražším palivem, lze říci, že ohřev pitné vody s přitápěním pomocí solárního systému může být zajímavou alternativou pro úsporu energie. Avšak vzhledem k předpokladu, že je již centrální vytápění zařízené je výhodnější alternativou přechod na levnější typ paliva (investice se pak odvíjí především od ceny kotle na jiný druh paliva).

- c) **Nízkoenergetický dům:** (Mimořádně kvalitní konstrukce, systém řízeného větrání, postaven obyvatelům na míru)
spotřeba tepla 22GJ/rok (40,8 kWh/m².rok)

Druh paliva	Spotřeba paliva/energie	Cena paliva [Kč/rok]	Úspora za vytápění [Kč/rok]	Úspora za vytápění + ohřev TUV [Kč/rok]
Hnědé uhlí – klasický kotel na uhlí	2222,2 kg	5111	3136,314	6166,076
Černé uhlí – klasický kotel na uhlí	1731,6 kg	6840	4104	8158,495
Koks – klasický kotel na koks	1290,3 kg	7484	4490,4	8926,658
Palivové dřevo – zplyňovací kotel	2009,1 kg	1808	1084,8	2156,674
Dřevěné brikety – zplyňovací kotel	1676,2 kg	6202	3721,2	7397,506
Dřevěné pelety – kotel na pelety	1399,0 kg	5316	3189,6	6340,982
Štěpka – kotel na štěpku	2200,0 kg	3080	1848	3673,74
Zemní plyn – kondenzační kotel	633,4 m ³	7478	4486,8	8437,257
Propan – kotel na propan	530,5 kg	14216	8529,6	16956,5
Lehký topný olej TOEL – kotel na LTO	588,6 kg	12301	7380,6	14672,16
Elektrina akumulace – akumul. Kamna	6432,7 kWh	11183	6709,8	11949,77
Elektrina přímotop – elektrokotel	6432,7 kWh	14111	8466,6	15413,4

Tab.33: Spotřeby energie pro nízkoenergetický dům a jejich úspory.

Rozbor:

V nízkoenergetickém domě je tepelná ztráta 6x menší, než v domech starých. Solárním systémem lze tedy dosáhnout 60% pokrytí spotřeby energie k vytápění. V nízkoenergetických domech a především v domech pasivních, kde je tepelná ztráta ještě menší (<15kWh/m².rok), může solární systém zabezpečit teplo téměř po celý rok. V zimních měsících stačí pro dosažení tepelné pohody využít bivalentní zdroj. V těchto případech stačí i třeba obyčejná krbová kamna, nebo jiný zdroj tepla nezávislý na tepelné soustavě. Pro tyto objekty se vyplatí investovat do „drahých“ vakuových trubicových kolektorů, které mohou dodávat teplo i za extrémních podmínek (viz. **graf 6**). Navíc lze od státu nárokovat dotace do výše 50 % celkové ceny, maximálně do 100 000 Kč.

Zhodnocení:

Osobně doporučuji využívat solárních systémů pro ohřev bazénu a ohřev TUV. Obecně platí, že čím je dražší energie pro ohřev TUV, tím je ekonomická návratnost solárního systému kratší. Kombinace ohřevu TUV s přitápěním objektu mi přijde výhodné použít v nízkoenergetických a pasivních domech, kde jsou ztráty tepla minimální a díky tomu zde může solární ohřev tvořit významnou složku celkové potřebné tepelné energie k vytápění.

Pro zvýšení efektivity solárních systémů lze dále zlepšovat kvalitu kolektorových ploch i když si myslím, že po této stránce jsou výrobci kolektorů téměř na vrcholu. Spíše bych viděl možnosti s vývojem nových typů solárních zásobníků, které budou schopny lépe uchovávat získanou energii v době, kdy je počasí chudé na sluneční záření. Jedním ze směrů vývoje v oblasti solárních zásobníků je využití latentního tepla při změně skupenství. Jsou zkoumány materiály, u nichž změny skupenství probíhají při vyšších, pro solární energetiku lépe využitelných teplotách. Například parafín 20 - 90°C nebo hydráty solí 25 - 70°C. Takovéto zásobníky mají vyšší akumulaci kapacitu, úroveň teploty při nabíjení a vybíjení (změnou skupenství) se mění jen nepatrně.

Sluneční energii není možné považovat za prostředek, kterým je možné v současné době vyřešit energetické problémy lidstva. Avšak lze ji využívat jako doplňkový, popřípadě nezávislý energetický zdroj a může hrát podstatně významnější úlohu, než doposud.

Závěr:

Diplomová práce se zabývá analýzou meteorologických dat využitelných pro fototermální solární systémy a fotovoltaiku. Jako zdroj dat posloužila meteorologická laboratoř, která je součástí solární laboratoře patřící Technické univerzitě v Liberci. V laboratoři se zaznamenává měření rychlosti a směru větru, atmosférického tlaku, vlhkosti vzduchu a venkovní teploty, atmosférických srážek a měření slunečního záření s čidly umístěnými v horizontální poloze (0°) a v poloze 45° . Důraz je kladen především na sluneční záření.

Jako další zdroje dat posloužila měření Automatického imisního monitoringu a Českého hydrometeorologického ústavu. Především síť stanic AIM umožnila detailní přehled o slunečním záření na našem území a stala se podkladem pro vytvoření mapy průměrného ročního slunečního záření a map průměrného měsíčního záření na území České republiky.

Zpracovaná data a vytvořené mapy posloužily jako zdroj informací pro vyhodnocení efektivity fototermálních solárních systémů v klimatických podmínkách České republiky. Důraz byl především kladen na ekonomickou návratnost solárních a fotovoltaických systémů.

Práce ukázala, že využití fotovoltaických systémů v ČR je vzhledem ke slunečním podmínkám, ceně FV modulů a účinnosti přeměny slunečního záření v elektrickou energii neekonomické. Naopak fototermální solární systémy pro ohřev bazénů a teplé užitkové vody se jeví jako výhodná alternativa úspory energie (obzvlášť v porovnání s ohřevem TUV elektrickou energií). Kombinace ohřevu TUV a přitápění je velice zajímavou alternativou pro použití v dobře tepelně odizolovaných (nízkoenergetických a pasivních) domech.

Solární laboratoř TUL nabízí spoustu dalších možností pro výzkum solárních zařízení. Po odstranění problému s nedostatečnou výškou meteorologického stožáru, opravení čidel pro vlhkost vzduchu a měření atmosférických srážek a optimalizování chodu solární laboratoře, lze provádět výzkum na jednotlivých typech kolektorů od různých výrobců. Například vliv měřených meteorologických veličin na účinnostní charakteristiky jednotlivých kolektorů.

Literatura:

- [1] Cihelka, J.: Solární tepelná technika, Nakl. T. Malina, Praha 1994,
- [2] Ladener, H., Späte, F.: Solární zařízení, Grada, Praha, 2003,
- [3] Chyský, J., Hemzal, K. a kol.: Větrání a klimatizace, Bolit – B press, Brno 1993,
- [4] Beranovský, J., Truxa, J. a kol.: Alternativní energie pro váš dům, Ekowatt, Brno 2003,
- [5] Andreas Henze, Werner Hillebrand : Elektrický proud ze slunce, HEL, Ostrava 2000,
- [6] Josip Kleczek: Sluneční energie, SNTL, Praha 1981,
- [7] Vaněček Milan : Přeměna sluneční energie v energii elektrickou; dostupné na [www: http://www.fzu.cz/texty/brana/fotovoltaika/slunecni_energie.php](http://www.fzu.cz/texty/brana/fotovoltaika/slunecni_energie.php),
- [8] Kaminský Jaroslav; Vrtek Mojmir: Obnovitelné a alternativní zdroje energie. Skripta VŠB – TU Ostrava; dostupné na [www: http://www1.vsb.cz/ke/vyuka/AOZE/Bc-AOZE1/Skripta.pdf](http://www1.vsb.cz/ke/vyuka/AOZE/Bc-AOZE1/Skripta.pdf),
- [9] Sdružení ALDEBARAN – Sluneční soustava; dostupné na [www: http://www.aldebaran.cz/astrofyzika/sunsystem/slunce.html](http://www.aldebaran.cz/astrofyzika/sunsystem/slunce.html),
– Energie ze slunce; dostupné na [www: http://www.aldebaran.cz/bulletin/2004_22_sun.html](http://www.aldebaran.cz/bulletin/2004_22_sun.html),
- [10] Vladimír Skalník - Diplomová práce – Fotovoltaická fasáda na TU v Liberci - 2006
- [11] Petr Bruckner – Diplomová práce – Solární systém v energeticky úsporné budově - 2005
- [12] 3 Pól - odborný energetický časopis, Atypo, s.r.o.

WWW stránky použité jako podklad pro tvorbu diplomové práce:

<http://www.alternativni-zdroje.cz>,

<http://www.ekowatt.cz/>,

<http://www.energetika.cz/>,

<http://www.thermosolar.cz/>,

<http://www.sany.cz>,

http://www.statapol.cz/robust/2000_michal00.pdf ,

http://www.usbe.cas.cz/people/kucera/LE/LE5_stat/sld022.htm ,

<http://mapa.czrea.org/slunko.php>,

<http://www.helioclim.net/esra/radiation.html>,

www.ekosolaris.cz,

www.eles-solar.cz,

<http://cs.wikipedia.org>,

<http://www.kayteck.com/english/22908.htm>,

<http://www.vodni-tepelne-elektrarny.cz/vodni-elektrarny-cr.htm>,

<http://www.warmpeace.cz>,

<http://opuntia.chmi.cz/meteo/ok/atlas/uvod.html>,

http://solarobchod.cz/cenik/cen_mnu.html,

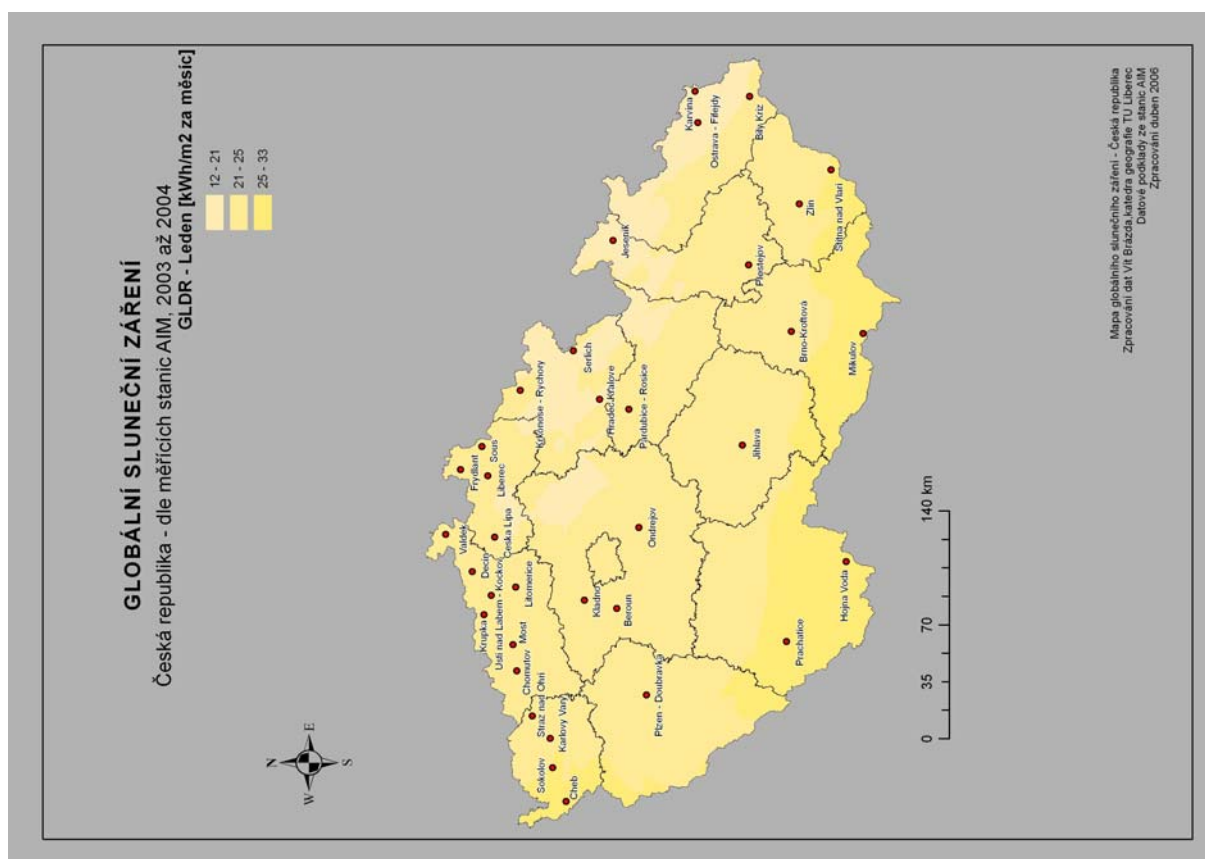
<http://admin.kysicenet.cz/fotovoltaika.php>,

<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=1&i=3>,

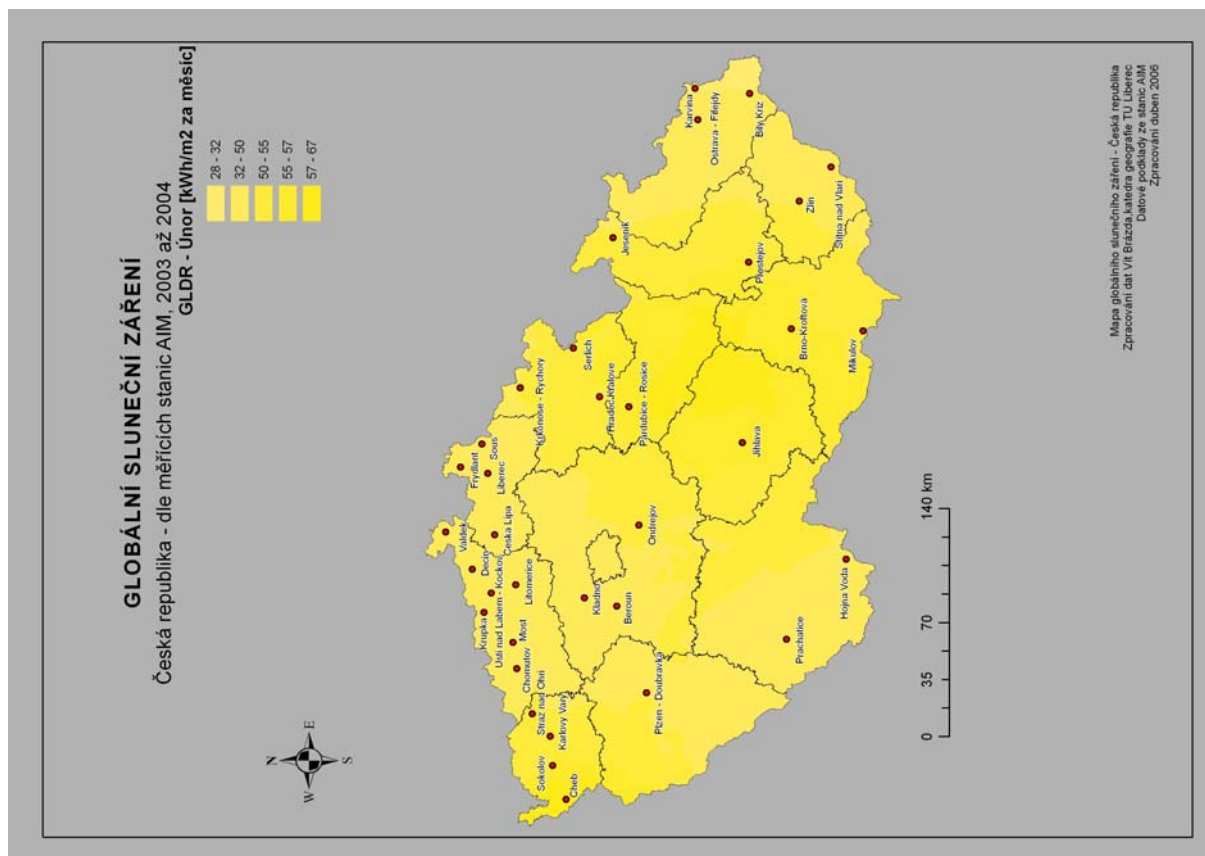
Příloha

- 1. Mapa ČR GLRD pro měsíc leden**
- 2. Mapa ČR GLRD pro měsíc únor**
- 3. Mapa ČR GLRD pro měsíc březen**
- 4. Mapa ČR GLRD pro měsíc duben**
- 5. Mapa ČR GLRD pro měsíc květen**
- 6. Mapa ČR GLRD pro měsíc červen**
- 7. Mapa ČR GLRD pro měsíc červenec**
- 8. Mapa ČR GLRD pro měsíc srpen**
- 9. Mapa ČR GLRD pro měsíc září**
- 10. Mapa ČR GLRD pro měsíc říjen**
- 11. Mapa ČR GLRD pro měsíc listopad**
- 12. Mapa ČR GLRD pro měsíc prosinec**

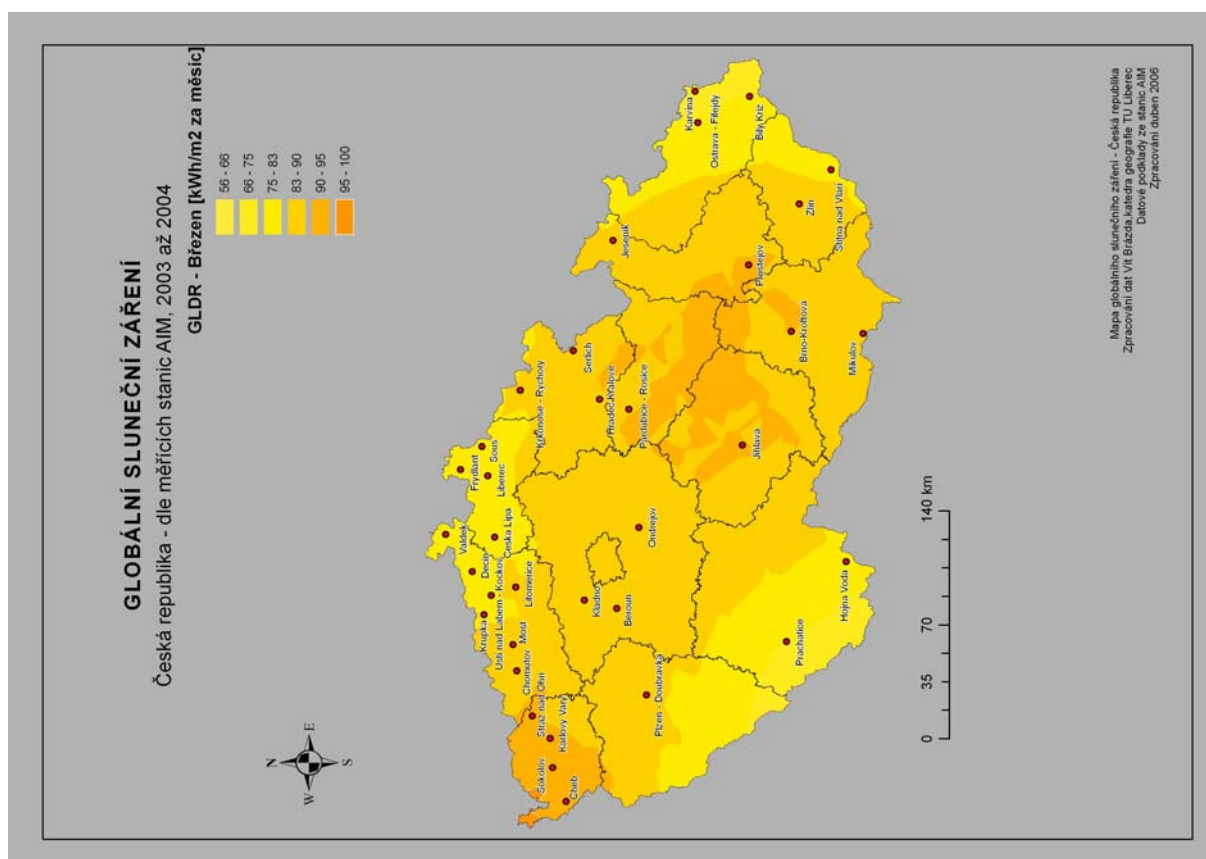
1. Mapa ČR GLRD pro měsíc leden



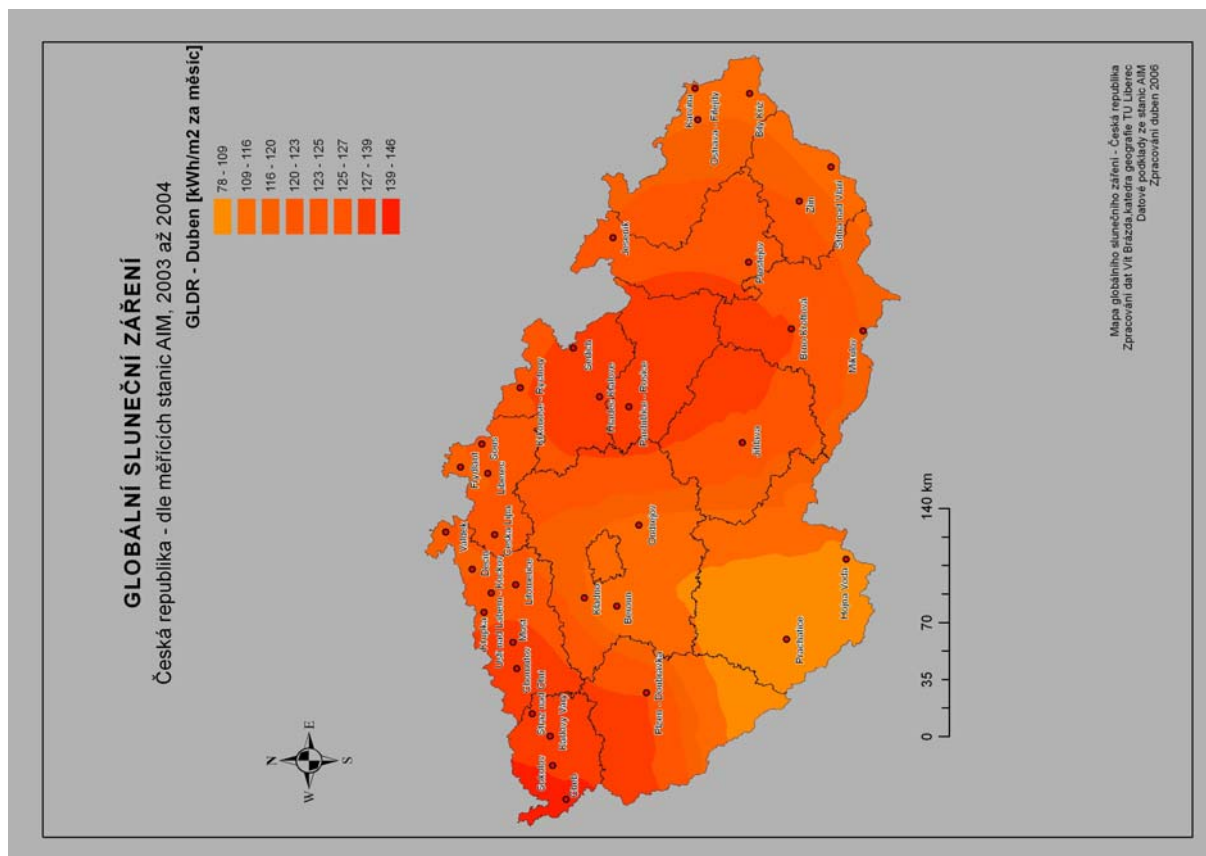
2. Mapa ČR GLRD pro měsíc únor



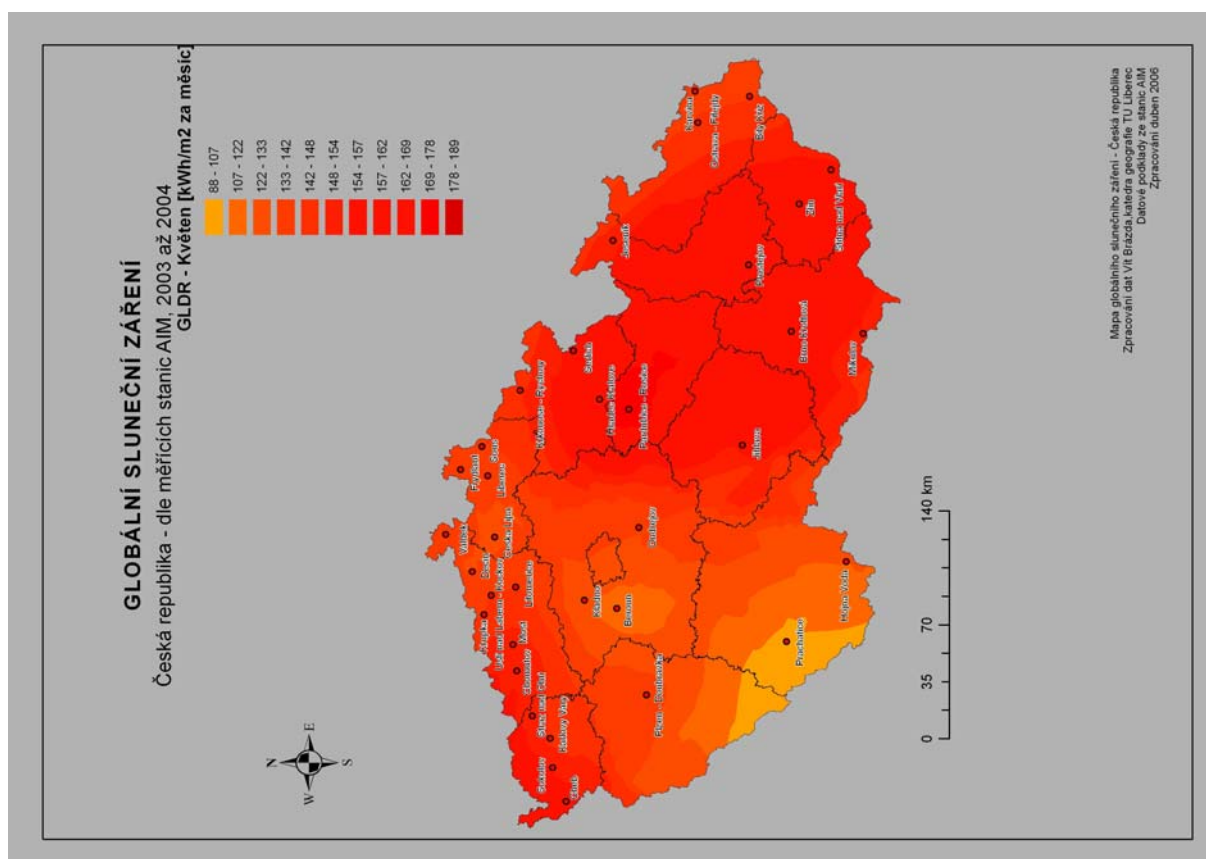
3. Mapa ČR GLRD pro měsíc březen



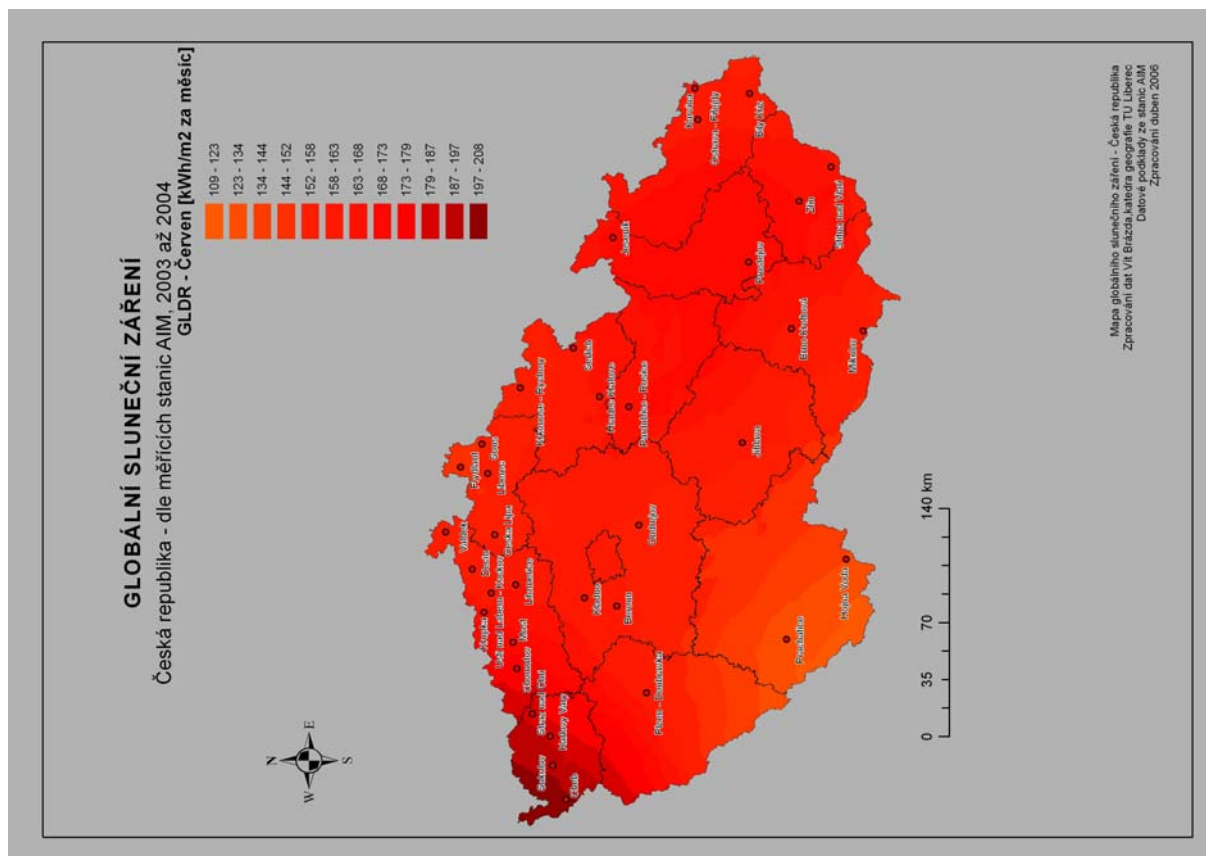
4. Mapa ČR GLRD pro měsíc duben



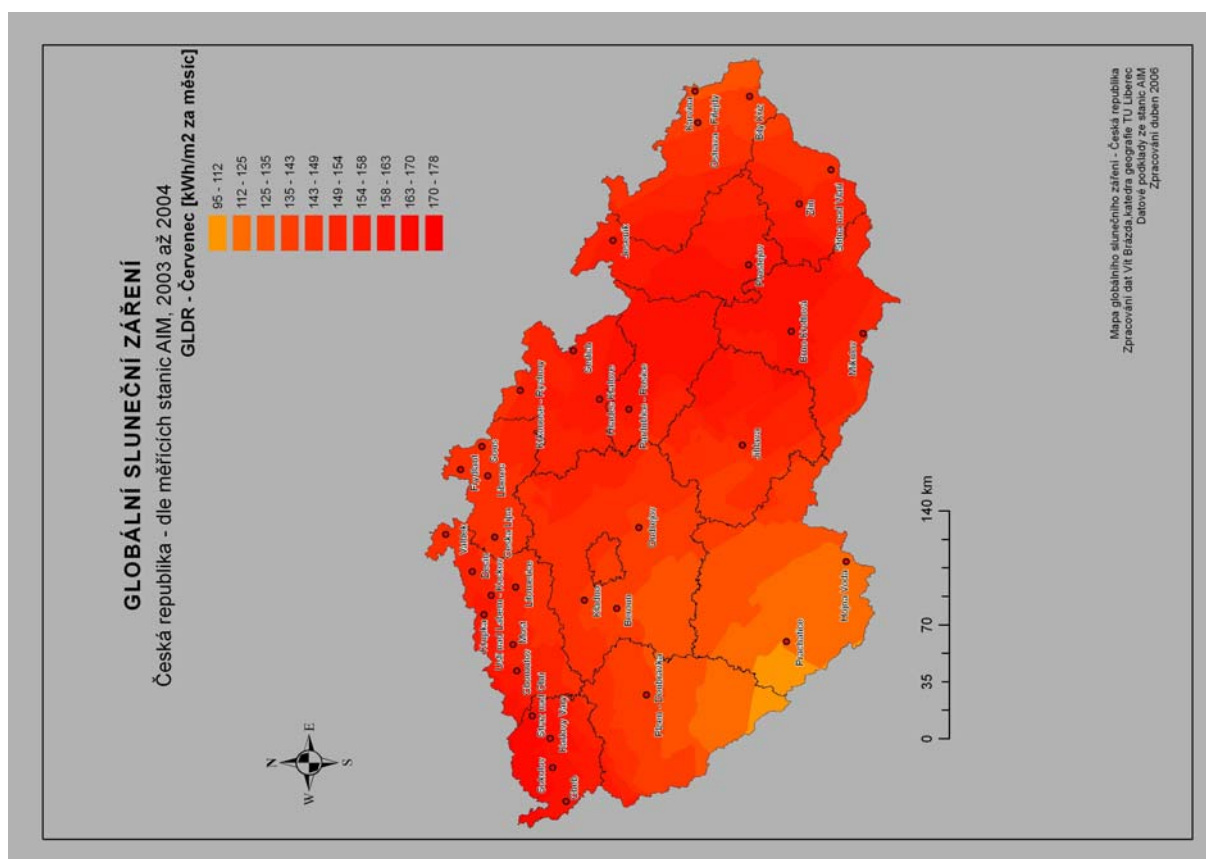
5. Mapa ČR GLRD pro měsíc květen



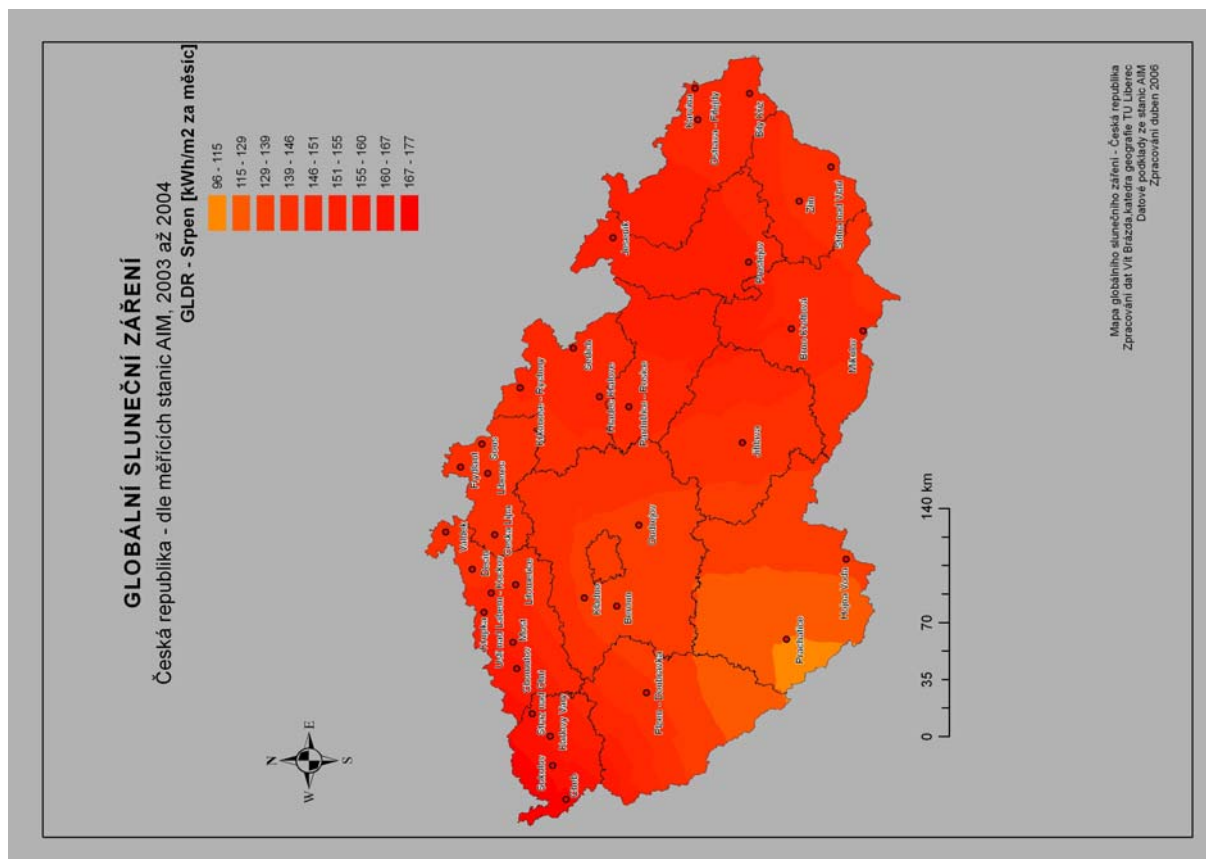
6. Mapa ČR GLRD pro měsíc červen



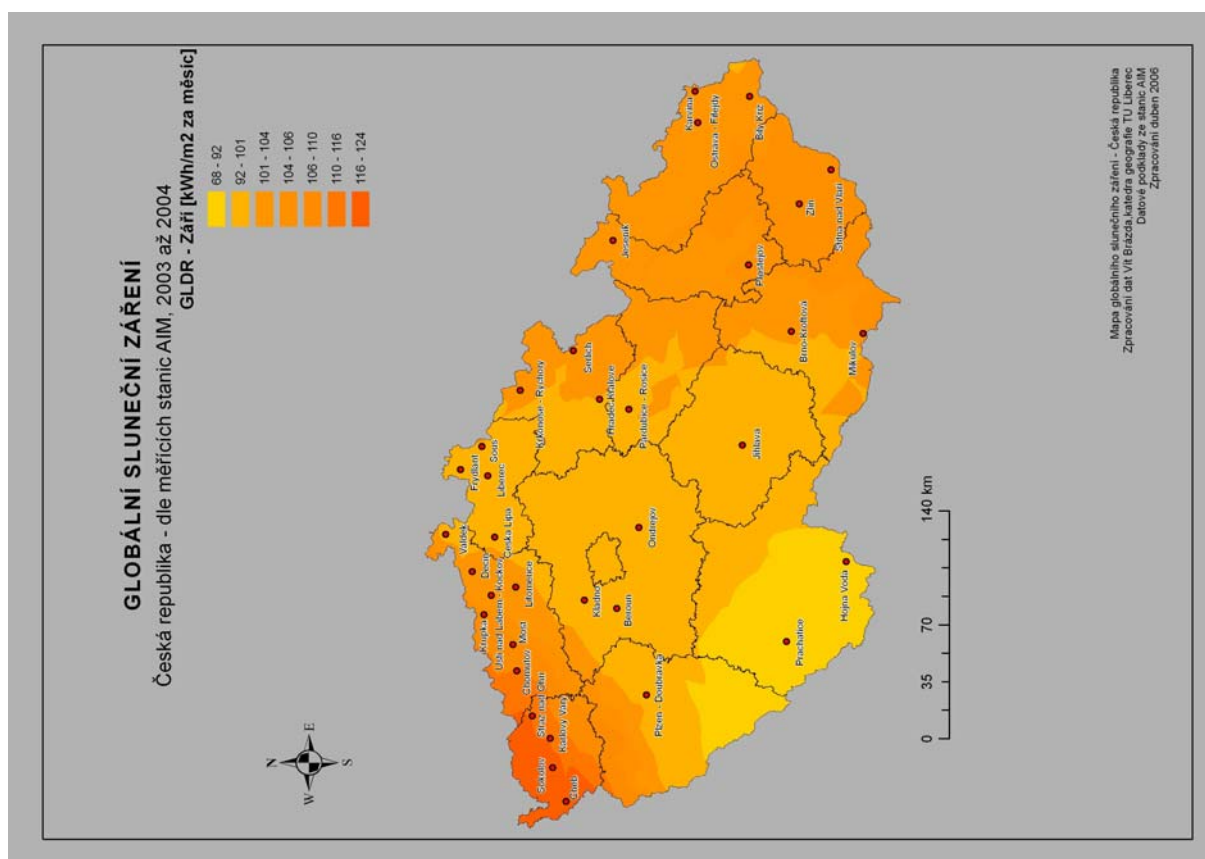
7. Mapa ČR GLRD pro měsíc červenec



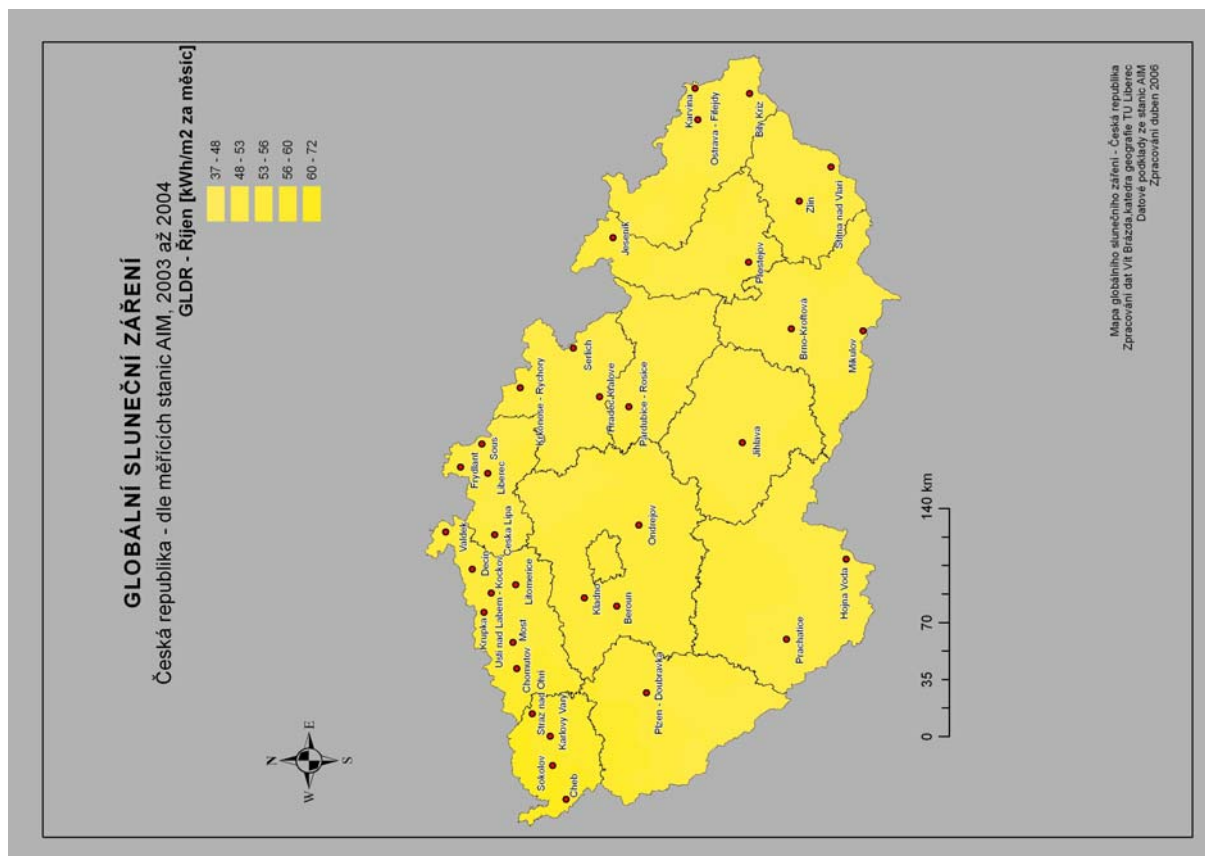
8. Mapa ČR GLRD pro měsíc srpen



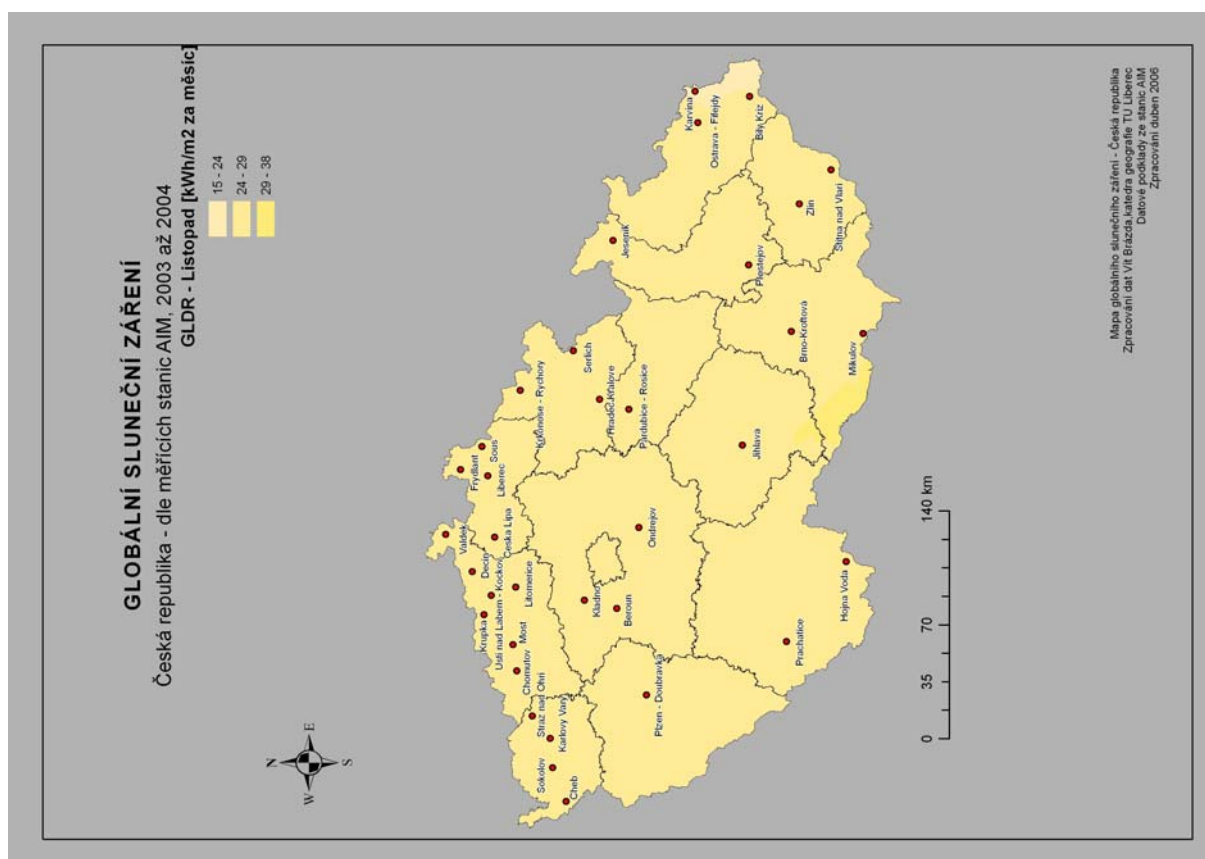
9. Mapa ČR GLRD pro měsíc září



10. Mapa ČR GLRD pro měsíc říjen



11. Mapa ČR GLRD pro měsíc listopad



12. Mapa ČR GLRD pro měsíc prosinec

